



UNITED NATIONS CONFERENCE
ON THE APPLICATION OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
FOR THE BENEFIT OF THE LESS DEVELOPED AREAS

E/CONF.39/A/121

16 Oct.1962

ORIGINAL : ENGLISH

Agenda Item: A.3.2.1

United Arab Republic

METHODS OF MEASUREMENT
OF DISCHARGE AND EQUIPMENT
FOR SURVEY IN THE NILE BASIN

By Y.M. SIMAIKA, B.Sc.,
Ministry of Public Works,
U.A.R.

In collaboration with :
H.K. KHALIL, B.Sc.,
and M.F. TAHA, B.Sc.

Papers have been contributed to the United Nations Conference on the Application of Science and Technology for the Benefit of the Less Developed Areas as working papers for that Conference. They are published as presented by the contributors, and the contents and the views expressed are those of the contributors. (See notes overleaf.)

NOTES

1. Papers selected for inclusion in General Sessions will be available at the Conference in the following official languages of the United Nations: English, French, Russian and Spanish.
2. Papers selected for inclusion in Specialized Sessions will be available at the Conference in only one of the above official languages.
3. Summaries of all papers, as submitted by contributors, will be available at the Conference in the following official languages of the United Nations: English, French, Russian and Spanish.
4. Papers and summaries will not be available for general distribution in advance of the Conference. They will be published in advance in limited quantities only for the use of delegations of participating governments and of other authorized participants. Post-Conference publication and general distribution of the Conference Proceedings will follow United Nations practices as laid down by the United Nations Publications Board.

METHODS OF MEASUREMENT OF DISCHARGE AND
EQUIPMENT FOR SURVEY IN THE NILE BASIN.

Y.M. Simaika, B.Sc., Ministry of Public Works,
U.A.R. In collaboration with : H.K. Khalil (P.Sc.)
and M.F. Taha (B.Sc.)

1. The dependence of Egypt on the Nile has led to intensive studies of the quantities of water carried by the Main stream and its tributaries throughout the year. These studies may be said to have begun at a very early date, as the ancient Egyptians recorded river levels on Nilometers some of which still remain. The Nilometer on Roda Island, Cairo dates back to 860 A.D. and records on its predecessors for 220 years earlier exist though with many gaps. But previous to the present century, there was very little detailed knowledge about the Nile supply and its origin.

2. In the Nile Basin all river flow is measured and not estimated. Estimation from climatic and topographical data was made in the early days in the reconnaissance of the Basin. The rain water finding its way into the Nile is far more accurately determined from the measured discharges than from any deductions based on rainfall or from comparison with similar river regimes.

3. In Egypt and the Sudan Evaporimeters of the Piche type in meteorological stations are used and experiments have been carried with a view of correlating their readings with floating tanks of different sizes.

A reduction factor of 0.50 was found for the reduction of "Piche" to a standard tank 2 metres square.

4. The scientific study of the hydrology of the Nile began in 1902 with the introduction of current meters. Previously they had been measured by the less accurate "float" method. By 1912 rainfall, gauge and permanent discharge stations had been established at some of the most important points on the river. Since then they have been continued and extended to the farthest parts of the Nile Basin and now include all the tributaries of the Nile of any importance except those in Ethiopia.

Measurement of the discharge of the Nile by currentmeter:

5. Since the quantity of water flowing in the river is the funda-

mental quantity on which all irrigation and irrigation projects are based, it is evident that measurement of the discharge is the most important of all measurements on the Nile. The method adopted in the Nile is to choose a cross-section of the river on a straight uniform reach and measure the depth at two points close to each bank and at 20 or more points equally spaced across the river. At the same time the velocity is measured with a currentmeter at one or more depths. The width of the river and distances between the soundings are determined in the case of the narrower tributaries by stretching a marked wire rope across the stream and this also serves to hold the boat in place. In the case of the Main Nile and the wider tributaries the work is done from a launch anchored at each observation point and whose position is fixed by box-sextant observations on beacons on both banks.

Requisite conditions for the establishment of a discharge site (1):

6. A discharge station should be established after a thorough reconnaissance has been made of the portion of the river in which the station is to be located, and details obtained about its accessibility, the proximity of dams or tributaries above or below the station and their probable effects at the station. The following are the chief points to be observed in choosing a discharge site:

(a) The mean velocity of the water should not be less than 0.25 metres per second and it is much better if it does not fall below 0.5 metres per second.

(b) The upper limit of the velocity depends on the equipment available. With the equipment used on the Main Nile where a launch has to be anchored at the various points where the velocity is measured, the observations are fairly easy to carry out when the mid-depth velocity does not exceed about 2 metres per second; but the difficulty increases rapidly as the velocity increases beyond this value. Even at mid-depth velocity of 0.5 metres per second, it is very difficult to keep the launch anchored and take the observations accurately.

(c) At the discharge site, there should be no very obvious turbulence and the stream lines should be as nearly as possible parallel and perpendicular to the line of observation points. This condition is easily secured by having a straight reach of the river upstream of the site and no tributaries entering in this reach.

(d) Across the actual discharge section, the depth of the river should not alter rapidly, otherwise the number of observations required will be very greatly increased and there will be greater risk of turbulence.

Instruments and equipment:

7. The establishment and maintenance of a discharge station require the use of the following instruments and equipment:

- (a) A boat (or launch during the flood stage), fitted with winch and jib for lowering and raising the sounding weight and currentmeters.
- (b) Gurley currentmeters (two small size for low stage and two medium size or small size fitted with penta heads for flood stage), complete with cable connections.
- (c) Four conical sounding weights (two - 10 kilograms and two - 48 kilograms for flood stage).
- (d) Two box-sextants.
- (e) Two stop watches.
- (f) One 20 - metre steel tape.
- (g) 75 metres of 1.6 mm diameter piano wire in three 25-metre lengths (one spare) for suspension of the currentmeter and sounding weight.

Depth-velocity curve method:

8. This method requires the determination of the distribution of velocity in depth at a number of points across the section. At each point, the sounding is made in the usual way. Velocity observations are then taken by currentmeter at 5 selected points on the vertical, the first and last being about 0.5 metres from the surface and bottom respectively and the other three equally spaced. It is usual to make the duration of each of the velocity observations one minute only as even so, considerably more time is required than for the half-depth method.

Half-depth method:

9. In this method velocity observations are made at mid-depth at the sounding points allowing three runs of a minute each at every point. This length of observation time is necessary to reduce the effect of variability of velocity. The choice of the half-depth method instead of depth-velocity curve method is due to the need to reduce the time of observation to a reasonable length. With a parabolic velocity distribution the mean velocity in a vertical is found at approximately 0.6 of the depth below the surface. The half-depth point is chosen instead of the point at 0.6 of the depth, because the vertical change of velocity is less at this point and so the effect of displacement of the currentmeter is less, and also because there is less liability of mistakes being made in the setting of the depth of the meter.

Conversion factor to convert half-depth velocity to mean velocity:

10. The standard practice in making river discharge measurements on the Nile is to depend on velocity observations at half-depth only and apply a conversion factor 0.96 to reduce half-depth velocity to mean velocity. This factor was obtained from over 500 observations on the Main Nile where velocity measurements were made at a number of points on each vertical including that at half-depth.

Errors of the Method of Measuring the Discharge

Errors in the measurement of soundings:

11. In shallow slow flowing streams soundings can be made with a graduated pole, but at most gauging points in the Nile Basin the water is too deep for this to be convenient. The sounding apparatus consists of a 20-metre length of 1.6 millimetre diameter piano wire wound on a winch and 48 or a 10 kilogram conical sounding weight. The heavy weight is used during the flood stage of the river and the light one during the low stage. The winch has two dials and pointers which can be set so that the reading on the dial gives the depth of the water. One dial reads by divisions of 5 centimetres up to 1 metre, and the second by divisions of 1 metre from 0 to 20 metres.

12. In deep rapid water owing to the sounding weight being carried downstream and the suspension wire being curved by the pressure of the flowing water, the observed sounding needs a correction to reduce it to the true depth. This was investigated by Phillips (2) who performed experiments to determine the corrections. A sounding weight was suspended over the side of a launch and towed through the deep still water of the Asswan Reservoir at various lengths of wire. The speed of the launch length of sounding wire and the inclination of the sounding wire to the vertical at the surface are measured. By this means the form of the sounding wire for various speeds and various length was experimentally determined.

13. Phillips' conclusion was that on a good discharge site on the Main Nile at the top of the flood, the correction for exaggerated soundings might be as much as 1%.

Sounding corrections:

14. Corrections (given in centimetres) to be subtracted from apparent soundings.

(A 43 Kg. conical sinker suspended on a steel piano wire 1.6 m/m in diam. was used).

Apparent Sounding in Metres:		5 metres	10 metres	15 metres
Mid-depth velocity metre per second	1.5	0	2	6
	2.0	0	5	16
	2.5	2	12	39
	3.0	4	24	74

It appears from the above Table that it is only in deep swift rivers that any corrections to soundings are necessary with the above mentioned sounding apparatus. On the Nile they are only required on the Blue Nile and Main Niles and Atbara at the top of the flood. The effect increases with the thickness of the cable and will operate over a wider range if the cable supporting the currentmeter and sinker is used for sounding.

Errors in the measurement of velocity:

15. Currentmeters are supplied with a standard rating curve by the makers. The rating consists in measuring the number of revolutions per minute corresponding to a given speed of flow of the water. It is necessary, however, to re-rate the meter from time to time, since bearings get worn and rotors sometimes get dented. At the beginning Hurst rated the currentmeter by suspending it from a small pontoon and pulling it backwards and forwards by means of winches in a tank. Later Phillips used a run of more than 100 metres in a disused tank. A trolley was fitted with a chronograph on which were recorded electrically the number of revolutions and the time taken over a fixed distance. The trolley ran on rails and was pushed by a man. This apparatus gave consistent results which agreed well with the maker's standard rating, but the pontoon method, owing probably to turbulence set by the pontoon, gave too many revolutions in a given distance leading to discharges of the order of 2 per cent lower than are given by trolley ratings, but this effect could be reduced by a better design of pontoon. Finally a rating station (3) was set up at the Delta Barrage with a tank 100 metres long, 2 metres wide and 2 metres deep. A trolley spans the tank and runs on rails on the side walls with the meter suspended in the water below. The trolley is driven by a motor and can be run at any speed, from just perceptible motion of 5 centimeters per second to 3 metres per second. (Ward Lamard speed control). The speed of the trolley and number of revolutions of the currentmeter are recorded on a chronograph thus the rating is independent of the observer.

16. In the Price pattern currentmeter the rating curve is a straight line over the range velocities encountered on the Nile. If currentmeters are carefully handled and cleaned and dried after a measurement, rating curves do not vary very much. However, a blunt pivot or one which has been allowed to rust can produce departures from the rating-curve which are important at low velocities such as 0.3 metres per second or less. More serious errors can be produced if the rotating cups are dented as a result of an accident.

17. The practice is to re-rate a meter after every 100 hours of work, then clean it and make any repairs or adjustments and re-rate it. A log book is kept for every meter.

Effect of turbulence on the rating of the currentmeter:

18. In the past there was much controversy as to whether the rating of a currentmeter in still water could be accurate when the instrument is used in flowing water where the flow departs to a greater or less extent from stream line flow in parallel lines. In the Price type of meter, turbulent flow variable in magnitude and direction would tend to exaggerate the velocity. This important question was finally settled by comparison of the Asswan Dam sluice discharge with the discharge measurement of the river at Asswan as given by currentmeter measurement at Khamnaq (later known as Gaafra), 35 kilometres downstream. The sluices have been calibrated by means of a large masonry tank (x)

(x) This tank was built below the Dam to form a water cushion for the protection of the rock surface from the action of the high level sluices.

22000 cubic metres capacity so that the method depends directly on the measurement of volume. This method which is considered as the most accurate which has so far been used to measure the discharge of a large river is fully described in the Papers presented to the Institution of Civil Engineers (5,6).

Comparison of currentmeter and sluices discharge measurements:

19. Several hundred comparisons showed that the methods gave identical results up to about 2000 cubic metres per second at which the mean velocity is about 0.7 metres per second. From 2000 m³/sec. (mean velocity 1 metre per second) the currentmeter measurements on the average were 1 per cent higher than the sluices while at higher discharges the difference was about 2 per cent.

20. The conclusion is that:

- (a) By the direct measurement of water by means of the large tank at Asswan, Egypt had a fundamental and absolute method which provides a standard with which the ordinary method of measurement by means of currentmeters can be compared.
- (b) At all discharge sites on the Nile and its tributaries currentmeters of the Price type (cup type) are very reliable for the measurement of the velocity of flowing water and only very exceptionally would results be slightly exaggerated.

Effect of rocking of the observation boat:

21. The effect of rocking the discharge boat on the velocity was investigated by Phillips. Both a cup type and a propeller type meter were tested. At low and medium velocities of towing the effect of rocking was serious on both cup and propeller type. For example at 0.5 metre per second, a very usual velocity on the Nile and its tributaries, the effect on both meters was about 11 per cent, but in the case of the cup type meter the number of revolutions per second was increased and in the case of the propeller type it was decreased. The effect decreases with increase of horizontal velocity, but is not negligible in the case of the meter at velocities of 2 metres per second (Nile in flood). Obviously rough windy weather should be avoided when measuring discharges from a boat.

22. Mr P R.P. Black, formerly Director of Research, Nile Control Department has designed a currentmeter of the cup type with a rotor like the Savonius S-rotor used on windmills. This rotor is robust and easily made, and moreover is unaffected by up and down motion caused by the rocking of the discharge boat, which may be part cause of the slightly higher results given by the Price meter than by the sluices in flood time.

Computation of discharges:

Gauge-discharge curves (7)

23. When a considerable number of discharges have been observed at a site during the year the practice has been to plot a gauge-discharge curve for the year, distinguishing between rising and falling stages. From the curve the discharges corresponding to

5-day mean gauge are read off and the 10-day means, monthly means, and monthly totals are computed. In some cases, no discharges were observed during a particular year but the river gauges were read regularly; a general gauge-discharge curve is then constructed from all the discharges observed at the site and the discharges corresponding to the 10-day mean gauges read off. There are other cases in which discharges have been observed during the year but they are too few in number to construct a reliable gauge-discharge curve. In this case, a general gauge discharge curve is constructed and is then modified to pass the observed points as nearly as possible.

24. There are very few sites in the Nile Basin, except where there are cataracts, where the gauge discharge relation is permanent over long intervals of time. Effects are caused by changes of river bed and are greatest at low stage, and on those rivers where the low discharge is only a small fraction of the flood discharge and the low river winds about in a wide sandy or gravelly bed.

25. At gauge sites near the junctions with tributaries back-water effects cause loops to occur on the gauge discharge curves, with great variations from year to year. Loops also occur where there is spilling over the banks and a return later assisted by rain on the plains, as in the case on the Sobat.

Attempts to fit equations to find the discharge of the Nile (8):

26. Many unsuccessful attempts were made to fit equations to gauge discharge curves of smooth and regular shape. At some stations fairly regular curves are obtained but a curve without any irregularities is rare.

27. For natural streams with irregular beds the relation between discharge and depth can sometimes be represented by a formula of the type:

$$Q = c w h^m$$

but the values of (m) and (c) vary from site to site even on the same stream also from year to year.

Where there is a correlation between (h) and (s) as is often the case of natural water courses, a formula of the form

$$Q = a h^p s^q$$

can sometimes be found, but it is not unique as to (p) and (q) because of the correlation between (h) and (s).

28. The conclusions from the investigation were that general formulae derived from experiments on regular channels such as canals may not represent the facts even approximately on natural channels.

Measurement of the suspended matter in the Nile (9)

29. When in flood the Nile annually brings down in suspension quantities of silt from the volcanic highlands of Ethiopia and the problems of its deposition in the Asswan Reservoir has been the subject of a great deal of study in connection with its use for flood protection or for maintaining a head on the dam in flood for power generation.

30. Systematic collection of samples for the determination of the quantity of silt in suspension in the Nile were made by the Physical Department and later by the Nile Control Department almost uninterruptedly since 1929. Mechanical analyses to determine the quality of silt were also made.

31. The observations were taken to Wadi Halfa or Kajnarty at the tail of the reservoir about 360 kilometres above the Dam and at Gaafra some 30 kilometres below the Dam.

32. The silt content is measured in parts per million by weight and is separated by a sedimentation process into sand and clay. For the whole flood, the proportion of constituents are:

Coarse sand	(0.2-2 m/m)	non or trace
Fine sand	(0.02-0.2 m/m)	30%
Silt	(0.002-0.02 m/m)	40%
Clay	(less than 0.002 m/m)	30%

33. The samples show that the suspended matter increases slowly from the water surface downwards until about 0.65 the depth of the water and then increases fairly rapidly. The sand concentration rises to a maximum at 0.8 the depth and falls off again at lower depth, while the clay and silt are fairly constant throughout the whole depth.

34. The concentration figures vary from 50 to a maximum of about 5400 per million by weight or about ½ per cent while the average for the whole flood is about 1500 parts per million. This is much less than that carried by many rivers like the Colorado, the Yellow and North China rivers and the Kosi river. The Yellow and North China rivers, whose drainage area is mainly composed of highly erodible loess have a silt content during flood as high as 46 per cent by weight.

35. The total annual suspended silt carried by the Nile - as measured at the tail of the Asswan Reservoir - is only 110 million tons as compared with a total silt run-off of 1890 million tons for the Yellow river.

Forecasting the River (10)

36. Two main problems have always occupied the attention of the irrigation engineer in Egypt.

(a) To provide adequate water during the low stage of the Nile for the requirements of cultivation.

(b) To protect the country against the dangers of high floods. Beside heavy damage to crops and property they often brought death and destruction in their wake.

Forecast of the low stage:

37. This is based on the fact that when the rains are well over, the river falls steadily and regularly until the rains start again. Thus in January a forecast can be made of the quantity of the water which will reach Egypt until the end of June, based entirely on the state of affairs in January. The method is based on correlations of gauges or discharges at the different sites on the Nile and its tributaries. They assume amongst other things a regularity of behaviour and regime at similar stages and conditions of the river, an assumption which is generally

true as far as the Nile is concerned. These correlations in conjunction with time of travel relations between the various stations, are found very useful in giving a very fair forecast of the water reaching Asswan during the summer period. The water released day by day from the Asswan Reservoir is governed by these forecasts.

Forecast of the flood stage:

38. At present there is no accurate method of forecasting a high flood until the rain has actually fallen in Ethiopia and then the first warning is given by Roseires gauge, right up the Blue Nile and not far from the Ethiopian mountains where the river shows the effect of the rainfall by rapid fluctuations. In the 620 kilometres from Roseires to Khartoum these rapid fluctuations are considerably damped but the main features persist. And in a high flood what happens on the tributaries is followed day by day in Cairo with the closest attention as on the forecast which is made depend the measures to be taken to reduce the danger from a high flood.

Forecasting the flood from meteorological elements:

39. This has not up to the present attained sufficient accuracy. It is based on the fact that the major features of world weather must be related through the general circulation of the atmosphere and many such relations have been found by Walker, Lyons, Graig, Bliss and Hurst. The Nile flood is one of these major phenomena and Bliss (11) found correlation between the Nile flood, the temperature at Dutch Harbour in Alaska on the borders of the Arctic circle, the temperature in Samoa in the Pacific Ocean and the pressure at Port Darwin in Northern Australia.

where (N) is the Nile flood (Asswan Discharge from July to October)

(D) is the Dutch Harbour mean temperature (March to July)

(S) is the Samoa mean temperature (December to May)

(P) is the Port Darwin mean pressure (March to May)

(D), (S) & (P) represent differences from average divided by the standard deviation.

The formula is:

$$N = 0.40D - 0.23S - 0.30P$$

40. Recent computations by Hurst (12) show that Bliss' coefficients of correlation between the volume of flood and temperature in Alaska and Samoa and the pressure at Port Darwin have decreased from an average of -0.55 to -0.40. Originally Bliss' formula accounted for about half of the variation of the flood and this is now reduced, the rest is due to causes outside those included in the formula. This is within our present experience about as much as this type of research can do. If the flood could be traced to two or three definite causes which could be measured a fairly exact formula could be deduced. Perhaps the great advance in meteorology which has been made as a result of the study of the upper air way lead us to an understanding of the mechanism which produces the Nile flood and so enable long range forecasts of the flood.

Periodicity of the Nile floods:

41. The old records of levels on the Roda gauge in Cairo have

already been mentioned and of these the most complete series give maximum and minimum levels, although with gaps, for about 900 years from 620 to 1520 A.D. They have been analysed by several people in search of periodicities. They found many periods varying from 2 to 240 years. The periodic part is small compared with irregular variations. None of the periods is pronounced enough to be discoverable except by refined and painstaking analysis. A glance at the records when plotted on a fairly large scale shows that there is no period which is directly evident to the eye. It is not a case of Joseph's seven fat and seven lean years, but something much more irregular. The principal feature is the occurrence of fairly long stretches of years when on the whole floods have been high and others when they have been low. Nevertheless a low flood may occur in a high series and high floods in the low series. In the period 1896-1898 floods were high, while 1899-1949 was a period of low floods.

REFERENCES

1. Physical Department, Ministry of Public Works, Handbook of Instructions for Discharge Observers in Egypt and the Sudan, Government Press, Cairo (1929).
2. Phillips, P. An Experiment to Determine Corrections to Soundings in River Gauging. Physical Dept. Paper No. 18, Government Press, Cairo (1925).
3. Phillips, P. Experiments on the Rating of Current Meters Physical Dept. Paper No. 14, Government Press, Cairo (1924).
4. Nil
5. MacDonald, Sir Murdoch, Hurst H.E. & Watt, D.A.F. The Measurement of the Discharge of the Nile through the Sluices of the Asswan Dam. Proc. Inst. C.E., Vol. 212 / Min. p. 228 (1920-21) and Vol. 218, p. 113 (1923-24) Part II.
6. Hurst, H.E. & Watt, D.A.F., The Similarity of Motion of Water through Sluices and Scale Models Experiments with Models of Sluices in the Asswan Dam., Proc. Inst. C.E., Vol. 218, p.72 (1923-24).
7. Hurst, Black & Simaika, The Nile Basin, Vols. V, VII, & IX, Government Press, Cairo.
8. Hurst, H.E., Measurement and Utilization of the Water Resources of the Nile Basin. Min. Proc. Inst. C.E. Hydraulics Paper No 2, Except Part III (1954)
9. Simaika, Y.M., The Suspended Matter in the Nile Physical Dept. Paper No 40 Govt. Press, Cairo, (1940).
10. Simaika, Y.M., The Regime of the Nile and the Use of Forecasts, United Nations Scientific Conference on the Conservation and Utilization of Resources Lake Success. (1949).
11. Bliss, E.W., Nile Flood and World Weather, Memoirs of the Royal MetP SocP Vol I, No. 5, (1927).
12. Hurst, H.E., The Nile, Constable, London - Revised Edition (1957).



E/CONF.39/A/122

16 Oct.1962

ORIGINAL : FRANCAIS

**CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES
SUR L'APPLICATION DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNIQUE
DANS L'INTÉRÊT DES RÉGIONS PEU DÉVELOPPÉES**

Point de l'ordre du jour : A.5.3

Sénégal

**APTITUDE A L'ENRICHISSEMENT
DU MINERAI DE PHOSPHATE DE TAIBA**

Par M. PRIOUX,
Ingénieur Chef du Service de Recherches
à la Compagnie Sénégalaise des Phosphates
de Taïba

Les mémoires rédigés à l'intention de la Conférence des Nations Unies sur l'application de la science et de la technique dans l'intérêt des régions peu développées sont des documents de travail. Ils sont publiés tels qu'ils ont été présentés et les assertions et opinions qu'ils contiennent sont celles de leurs auteurs.

NOTES

1. Les mémoires choisis pour être présentés en séance générale pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.
2. Les mémoires choisis pour être présentés en séance spéciale pourront être obtenus à la Conférence dans l'une seulement de ces langues officielles.
3. Les résumés qui ont été rédigés pour tous les mémoires par les auteurs de ceux-ci pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.
4. Préalablement à la Conférence, les mémoires et les résumés ne feront pas l'objet d'une distribution générale mais d'un tirage restreint destiné aux délégations des gouvernements et autres participants officiels. La publication et la distribution générale des actes de la Conférence s'effectueront conformément aux règles et pratiques agréées par le Comité des publications des Nations Unies.

APTITUDE A L'ENRICHISSEMENT DU MINERAL DE PHOSPHATE DE TAIBA

Par M. PRIOUX, Ingénieur Chef du Service Recherches
à la COMPAGNIE SENEGALAISE DES PHOSPHATES DE TAIBA

I - LE GISEMENT -

La Compagnie Sénégalaise des Phosphates de Taïba exploite à une vingtaine de kilomètres au Nord de la petite ville de TIVAOUANE, un gisement de phosphate de chaux qui appartient à une vaste formation phosphatée d'âge lutétien recouvrant plusieurs dizaines de kilomètres carrés.

Les limites de l'exploitation actuelle (900 hectares) ont été tracées après exécution de nombreux sondages, de façon que le minerai extrait puisse donner, après traitement, du minerai par la méthode dite de flottation, une teneur élevée au moins égale à 82 % de tricalcique.

La couche phosphatée y a une épaisseur moyenne de 6 m 50. Elle est recouverte par des dépôts de sable récents dont l'épaisseur varie de 15 à 25 m. Une partie de l'horizon phosphaté se trouve d'ailleurs sous la nappe phréatique.

Les réserves de la zone actuellement exploitée atteignent 40 millions de tonnes de phosphate 82 %, mais des extensions importantes sont certaines, quoique encore incomplètement définies.

2 - LE MINERAL -

Le minerai de Taïba peut, schématiquement, être présenté comme un mélange de deux groupes d'éléments, le premier à grains stériles, le second dont la matière première des grains est du phosphate de chaux.

a) Eléments à grains stériles -

Ils sont constitués surtout par :

- i) les silex dont les dimensions varient de quelques millimètres à plusieurs dizaines de centimètres ;
- ii) du quartz concentré entre 40 et 50 microns ; on peut en trouver de petites quantités dans les parties plus fines ou plus grossières, sans que ses dimensions dépassent alors 1 mm ;
- iii) des argiles dont les grains élémentaires ont la dimension de quelques microns ;

- iv) des phosphates alumino-ferreux comprenant principalement de la crandallite dans les fractions supérieures à 2 mm et de la wavellite dans les fractions inférieures à 40 microns, la fraction intermédiaire 40 microns - 2 mm ne contenant que peu ou pas de ces impuretés;
- v) des oxydes de fer sous forme de magnétite, oligiste et limonite qui se trouvent également répartis surtout dans les fractions supérieures à 2 mm ou inférieures à 40 microns.

b) Eléments à phosphate de chaux -

Ils se composent de :

- i) fines à débris osseux épigénisés, en dessous de 40 microns, l'épigénisation ayant consisté, dans ce cas particulier, dans le remplacement molécule par molécule, de matière organique par du phosphate de chaux ;
- ii) des oolites entre 40 et 800 microns qui se seraient formées par précipitation brutale du phosphate de chaux résultant d'une concentration optima en ion PO_4^{--} et Ca^{++} , dans les conditions physico-chimiques du milieu marin au moment de la formation du dépôt. Cette précipitation n'a pu se faire qu'en présence de germes susceptibles de l'amorcer. Ces germes consistent surtout en débris osseux, foraminifères, radiolaires, grains de quartz, de calcite, de minéral lourd, goutte d'hydrocarbure, pour ne citer que les plus fréquents. Le phénomène s'est ensuite poursuivi par vagues de phosphatation successives donnant naissance à des couches concentriques autour de l'oolithe initiale. Ces étapes de phosphatation sont séparées par des microfilms d'impuretés diverses, mais comprenant surtout de l'argile, des gels d'hydroxydes de fer et des carbonates. Ces impuretés ne représentent cependant qu'une partie infime de l'oolithe, si bien que, contrairement à ce que l'on observe dans la plupart des gisements mondiaux de phosphate de chaux, la teneur moyenne des oolites du gisement de Taïba atteint 39.5 % de P_2O_5 soit plus de 86 % de tricalcique ;
- iii) de coprolithes et d'agglomérats entre 0.8 et 5 mm. Les coprolithes sont des excréments préexistants d'animaux marins qui se sont phosphatisés postérieurement à la phase de dépôts du gisement. Ils ne contiennent en général que très peu d'impuretés et ont une teneur moyenne en P_2O_5 voisine de celle des oolites. Les agglomérats sont composés d'oolites ou de grains stériles liés entre eux par un ciment qui peut être phosphaté, argileux, ferrugineux, calciteux ou siliceux;
- iv) au-dessus de 5 mm, la matière phosphatée disparaît presque complètement et ne se trouve guère plus que sous formes de rares consolidations qui présentent toutes les évolutions depuis le grès ou l'agglomérat phosphaté jusqu'à la roche devenue pratiquement homogène par digestion des carapaces d'oolites par le ciment.

3 - PRINCIPES DE L'ENRICHISSEMENT DU PHOSPHATE DE TAIBA -

D'après la description qui vient d'être faite du minerai, on conçoit que les opérations successives auxquelles devra être soumis le minerai pour être amené à son maximum de pureté, devront être les suivantes :

- a) élimination des fractions stériles supérieures à 5 mm ;
- b) broyage de la fraction 0.8 - 5 mm à une dimension inférieure à 0.8 mm pour libérer les grains de phosphate de chaux emprisonnés dans les agglomérats ;
- c) élimination de la fraction inférieure à 40 microns qui comprend des argiles, des quantités importantes de phosphate aluminifère et d'oxydes de fer difficiles à éliminer quel que soit le processus de concentration du phosphate de chaux de mauvaise qualité (débris osseux souvent insuffisamment épigénisés) ;
- d) concentrer la fraction finale 40 - 800 microns.

Comment dans la pratique, arrive-t-on à un tel résultat, c'est ce que nous allons examiner.

4 - METHODES D'EXTRACTION ET DE CONCENTRATION DU MINERAI DE TAIBA -

a) L'Extraction -

Elle consiste à :

- i) enlever les morts-terrains à l'aide d'une dragline 1250 B à flèche de 75 mètres et à godet de 18 mètres cubes qui en assure le dépôt dans la zone voisine préalablement exploitée ;
- ii) à extraire le phosphate avec une dragline 7 W à flèche de 40 mètres et à godet de 6 mètres cubes 50. Toutefois, lorsque le recouvrement stérile est suffisamment faible, la 1250 B, en plus de son travail normal sur les stériles, "remanie" la couche phosphatée en avant de la 7 W pour alléger le service de cette dernière machine.

b) La Concentration -

Les installations de Taiba, relatives à la concentration, comprennent essentiellement :

- i) une drague flottante désignée sous le terme de "ponton", alimentée par la 7 W et sur laquelle se font les opérations de désagrégation, débourbage et criblage à 5 mm dont le but est :
 - a. d'éliminer les éléments grossiers supérieurs à 5 mm qui sont rappelons-le, stériles et de les disposer au fond de la fouille, où ils constitueront un pied solide pour le remblai de la passe suivante ;
 - b. de transformer la fraction du minerai inférieure à 5 mm en une pulpe apte à être refoulée hydrauliquement par pompage jusqu'à l'usine de traitement. Ce transport hydraulique se fait d'abord par l'intermédiaire d'une tuyauterie flottante partant de la drague et ensuite par une tuyauterie fixe installée à terre. Des pompes relais assurent la dernière partie du transport.
- ii) un atelier de préparation : son but essentiel est d'élaborer dans les meilleures conditions physiques possibles, un produit susceptible d'être enrichi par le procédé de flottation.

Cette opération est réalisée en plusieurs stades :

- a. séparation par tamisage de la fraction granulométrique comprise entre 0.8 et 5 mm ;
- b. broyage de cette fraction, de façon à réduire tous les produits à une dimension inférieure à 0.8 mm et à permettre la libération des grains de phosphate inclus dans les agglomérats ;
- c. élimination de la fraction granulométrique inférieure à 40 microns, qui, ainsi que nous l'avons vu, est impropre à la concentration.

Cette élimination est obtenue par cyclonage qui assure par l'action de la force centrifuge, la séparation des particules inférieures à 40 microns de celles qui sont supérieures à cette dimension.

L'atelier de préparation est conçu pour traiter 5.000 tonnes par 24 heures de minerai tout-venant.

La fraction granulométrique supérieure à 0.8 mm qui passe dans deux broyeurs à barre, représente environ 8 % en poids de l'alimentation laverie, soit environ 50 tonnes par heure. La fraction granulométrique inférieure à 40 microns est éliminée sous forme de schlamms, elle représente environ 45 % en poids de l'alimentation laverie, soit environ 2.200 tonnes par jour.

Le tonnage restant soit 2.800 tonnes est réparti en deux tranches granulométriques par un hydroclassificateur : une fraction "grenus" 0.3 - 0.8 mm représentant en moyenne 1.250 tonnes par 24 heures, une fraction "fins" 40 microns - 0.3 mm d'environ 1.550 tonnes par 24 heures.

Ce fractionnement en deux classes granulométriques est la conséquence de nombreuses études de laboratoire qui ont montré que d'une part, on obtenait des concentrés de meilleure qualité en flottant séparément "fins" et "grenus" et que d'autre part, la consommation de réactifs de flottation était plus faible dans un traitement séparé des deux granulométries que dans un traitement global.

iii) Atelier de flottation

Cet ensemble comprend essentiellement deux séries de cellules traitant respectivement les fractions "grenues" et "fines" préparées dans l'atelier de préparation.

- a. le circuit "grenus" comprenant 16 cellules, dont les préconcentrés sont relavés dans 12 cellules supplémentaires ;
- b. le circuit "fins" comprenant 32 cellules dont les préconcentrés sont relavés dans 16 cellules.

Les réactifs de flottation sont ajoutés, en tête de ces deux circuits dans des conditionneurs et consistent essentiellement en :

- a. Acides gras (tall-oils) utilisés à la fois comme collecteurs et moussants ;
- b. Gas-oil et fuel n° 2 dont le mélange en parties à peu près égales, vient compléter l'action collectrice du tall-oil ;
- c. De la soude dont une partie sert à transformer les acides

gras en savons et l'autre partie à régulariser le pH de la pulpe au moment de la flottation. De nombreuses études nous ont en effet montré qu'une bonne flottation du phosphate de chaux et une élimination correcte de certaines impuretés particulièrement gênantes, tels les phosphates aluminos-ferreux, ne pouvaient être obtenues que pour des valeurs bien définies du pH de la pulpe ;

- d. du silicate de soude comme dispersant des fines qui se produisent naturellement par attrition au moment du conditionnement et de la flottation et comme déprimant de la silice.

Les concentrés obtenus dans les deux circuits de flottation sont ensuite essorés dans 4 filtres équipés de toiles filtrantes.

iv) Atelier de séchage

Les concentrés essorés sont acheminés sur une aire de stockage d'une capacité de 80.000 tonnes. Après un séjour sur cette aire qui favorise l'homogénéisation et une certaine perte en eau, les produits sont introduits dans un four tournant de 2.40 m de diamètre et 24 mètres de longueur où le séchage est assuré par une circulation de gaz à 980° C chauffés dans un générateur "Peabody" utilisant du fuel n° 2 comme combustible. A la sortie du four, les gaz traversent deux groupes de 6 cyclones dépoussiéreurs Buell, destinés à précipiter les poussières. Les produits qui contiennent, à l'entrée du four, environ 17 % d'humidité, en sortent avec une humidité résiduelle inférieure à 1.5 %.

5 - CONCLUSIONS -

Le gisement de Taïba est parmi tous les gisements de phosphate de chaux exploités dans le monde, un de ceux plus aptes à donner, par une méthode de concentration relativement simple, des concentrés de très hautes qualités.

Les différentes étapes de cette concentration donnent les enrichissements successifs suivants :

- a) criblage à 5 mm qui fait passer, par élimination du + 5 mm stérile, la teneur du tout-venant, de 50 % à 60 % de tricalcique ;
- b) broyage du + 0.8 mm et cyclonage à 40 microns qui donnent un produit résultant 40 - 800 microns titrant 65 % de tricalcique ;
- c) flottation du 40 - 800 microns dont les concentrés titrent finalement plus de 82 % de tricalcique.





**CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES
SUR L'APPLICATION DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNIQUE
DANS L'INTÉRÊT DES RÉGIONS PEU DÉVELOPPÉES**

E/CONF.39/A/123

17 Oct. 1962

ORIGINAL : FRANCAIS

Point de l'ordre du jour : A.3.1.2

Suisse

AIDE DE LA SUISSE
DANS L'ORGANISATION DES SERVICES METEOROLOGIQUES
ENTRE AUTRES A DES FINS HYDROLOGIQUES

Par Jean LUNEN,
Directeur de l'Institut suisse de météorologie,
Professeur à l'Ecole polytechnique fédérale,
Zurich

Les mémoires rédigés à l'intention de la Conférence des Nations Unies sur l'application de la science et de la technique dans l'intérêt des régions peu développées sont des documents de travail. Ils sont publiés tels qu'ils ont été présentés et les assertions et opinions qu'ils contiennent sont celles de leurs auteurs.

NOTES

1. Les mémoires choisis pour être présentés en séance générale pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.
2. Les mémoires choisis pour être présentés en séance spéciale pourront être obtenus à la Conférence dans l'une seulement de ces langues officielles.
3. Les résumés qui ont été rédigés pour tous les mémoires par les auteurs de ceux-ci pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.
4. Préalablement à la Conférence, les mémoires et les résumés ne feront pas l'objet d'une distribution générale mais d'un tirage restreint destiné aux délégations des gouvernements et autres participants officiels. La publication et la distribution générale des actes de la Conférence s'effectueront conformément aux règles et pratiques agréées par le Comité des publications des Nations Unies.

Aide de la Suisse
dans l'Organisation des Services météorologiques
entre autres à des fins hydrologiques

par Jean Lugeon
Directeur de l'Institut suisse de météorologie
Professeur à l'Ecole Polytechnique fédérale
(Zurich, Suisse)

1. L'Institut suisse de météorologie, dont la direction est à Zurich et qui est rattaché directement au Département fédéral de l'Intérieur, est une organisation centralisée qui groupe toutes les disciplines de la science de l'atmosphère entrant dans le cadre des attributions techniques, scientifiques et administratives prescrites par les Conventions de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) et de plusieurs Organisations Internationales non-gouvernementales affiliées au Conseil International des Unions Scientifiques (UGGI, URSI, etc.). De ce fait, la météorologie suisse offre de nombreuses possibilités d'application tant sur le plan national qu'international, et particulièrement dans les pays en voie de développement, non seulement de par la variété de ses activités, conformes au statut historique des services météorologiques à longue tradition, mais surtout en raison de ses spécialités marginales qui ont un caractère helvétique prédominant.

2. Vu la complexité orographique d'un petit pays montagneux, régi par quatre climats bien différents les uns des autres: celui de l'Atlantique, celui de la Méditerranée, le régime continental russo-européen et, finalement, le climat polaire dans les régions élevées de la chaîne des Alpes, il fut indispensable, dès la création, en 1863, du réseau des postes d'observation météorologiques, de créer des méthodes de travail originales pour faire les synthèses nécessaires à la climatologie, à la prévision du temps, ainsi qu'à l'éco-

nomie hydraulique. La Suisse a donc acquis une expérience particulièrement précieuse dans le traitement analytique des éléments du temps par ses observatoires de haute montagne: Säntis, Jungfraujoeh, Rigi, Pilate, Chasseron, etc. et par ses méthodes originales d'exploration des courants de l'atmosphère libre sur le Plateau, dans les vallées et sur la crête des Alpes. En hydrologie, il a été mis au point des méthodes pour le calcul des écoulements de cours d'eau et le remplissage des lacs artificiels en partant des précipitations atmosphériques. De nombreuses techniques instrumentales nouvelles virent le jour dans les trois dernières décennies, particulièrement à la Station aérologique de Payerne pour les radiosondages, la radio-activité de l'air, les noyaux de condensation, et à la Centrale de Zurich pour le repérage des tempêtes orageuses à grande distance par la radiogoniographie, divers instruments pour la météorologie agricole, le traitement statistique des observations de montagne, etc. Le Directeur de l'Institut organisa à Payerne les deux Comparaisons mondiales de radiosondes de 1952 et 1956, où furent comparées, notamment dans la seconde, les sondes de 14 nations des cinq continents. Des méthodes de repérage des tempêtes par les procédés électriques, hormis le radar, l'Institut s'est fait une spécialité, ce qui eut pour résultat l'installation d'appareils suisses dans une vingtaine de pays, pour ne citer que l'Argentine, les Etats-Unis, le Congo, le Pakistan, l'Inde, l'Irak, plusieurs services européens, etc. Pendant l'Année Géophysique Internationale, le Directeur installa ses enregistreurs à 80° de latitude, au nord du Spitzberg, ce qui permit de dépister les principaux foyers orageux de l'hémisphère nord à 8000 km de distance, avec une précision de 100 km, par recoupement avec la Suisse.

3. Ces travaux spéciaux, suivis dans quelques services météorologiques du monde seulement, offrent de grandes possibilités d'extension dans les contrées à réseau d'observations lacunaire, un peu à l'enseigne de l'apport considérable des satellites photographiant les systèmes nuageux d'une grande partie du globe. En fait, les méthodes se complètent et sont d'importance tant pour la prévision du temps que pour la sécurité de la navigation aérienne. Il résulte de là que l'Institut suisse de météorologie est en mesure de prêter assistance

technique et scientifique dans des domaines originaux pleins de promesses.

4. Hormis ces spécialités, qui ont attiré sur la météorologie suisse l'attention de nombreux services étrangers, lesquels ont délégué à maintes reprises des stagiaires soit à la Centrale de Zurich, soit dans ses annexes (Station aérologique de Payerne, Observatoire climatologique et de rayonnement de Locarno, particulièrement pour l'étude de la grêle, dans les Centres météorologiques d'aéroport de Cointrin et de Kloten), on se voue activement à l'étude des nombreux aspects de l'inquiétant problème de la pollution de l'air des villes et des campagnes. Là aussi, des techniques nouvelles faisant emploi de l'électricité de l'air (conductibilité et gradient de potentiel mesurés par les radiosondes) ont apporté une large contribution à l'hygiène de l'air.

5. Au point de vue pédagogique et d'organisation en général, le service météorologique suisse est donc en mesure de porter assistance non seulement dans les spécialités résumées ci-avant, mais bien entendu aussi dans les disciplines classiques de la météorologie générale: climatologie, synoptique, radiométéorologie, météorologie aéronautique, aérologie, rayonnement solaire et, plus modestement, en météorologie agricole, radioactivité de l'air et géomagnétisme.

6. Les problèmes de caractère technique et scientifique concernant la neige et les avalanches sont affaire de l'Institut fédéral pour l'étude de la neige et des avalanches, au Weissfluhjoch s/Davos, lequel a créé une quantité de méthodes instrumentales nouvelles pour l'étude de la neige et la création de réseaux d'observation. Il a délégué à plusieurs reprises ses spécialistes à l'étranger, en particulier au Canada et aux Etats-Unis d'Amérique. Des glaciologues ont pris une part active à l'expédition de l'Himalaya, ainsi qu'à celle du Groenland dans le cadre de l'Année Géophysique Internationale, pour l'étude de la glace. Cet Institut a organisé plusieurs colloques internationaux de glaciologie en Suisse, avec la Commission des glaciéristes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles, entre autres au Jungfrauoch.

De nombreux spécialistes étrangers ont fait des stages au Weissfluhjoch au cours de ces deux dernières décennies. Cet Institut a été créé en 1937; il est subordonné à l'Inspectorat fédéral des forêts.

7. Les ressources hydrauliques sont affaire du Service fédéral des Eaux à Berne, et l'hydrologie scientifique, celle d'une section affiliée au Laboratoire de recherches hydrauliques de l'Ecole Polytechnique fédérale à Zurich.

Il coule de source que les données qui sont à la base du problème général des besoins hydrauliques d'un pays sont intimement liées à la conjugaison rationnelle des réseaux d'observations météorologiques, plus particulièrement de la pluviosité et des mensurations hydrographiques. A ce sujet, il ne semble pas absolument indispensable que les services météorologique et hydrographique soient unis en un seul organisme gouvernemental, comme c'est par exemple le cas en URSS, en Pologne, en Suède, en République argentine, etc. Ces deux disciplines sont bien distinctes et un comité de coordination peut, semble-t-il, suffire au moins en ce qui concerne l'organisation des réseaux nationaux. Une juste disposition des postes d'observations fait en tout cas appel à de nombreux éléments de caractère géographique, démographique, etc. Il pose également des problèmes politiques bilatéraux pour les bassins hydrographiques intéressant deux pays par exemple. Les problèmes purement hydrographiques de l'irrigation et de la navigation fluviale peuvent, quant à l'apport de la météorologie, être fort différents de ceux de l'hydroélectricité, de basse ou de haute chute, où les conditions orographiques, géologiques et d'altitude sont disparates. On n'a jamais rencontré de difficultés en l'occurrence, en Suisse. Le Service fédéral des Eaux mesure les écoulements et le Service météorologique dispose les pluviomètres et totalisateurs de haute montagne au mieux des intérêts hydrographiques et climatologiques en général. Le calcul des modules des coefficients d'écoulement, qui fait ressortir les pertes par évaporation, a toujours été l'affaire d'ingénieurs hydrauliciens auxquels la météorologie a pu livrer, avec une approximation suffisante, les valeurs pluviales et nivales néces-

saires aux calculs.

Les recherches nivales et glaciaires de caractère purement scientifique, traitées par la section d'hydrologie de l'Ecole Polytechnique fédérale et l'Institut du Weissfluhjoch, avec la collaboration de la Commission des glaciers, ont donné des résultats intéressants pour la prévision des débits des crues et des inondations, en particulier pour fixer le débit du Rhin en partant de renseignements météorologiques.

Selon la superficie et la nature générale de la contrée où se posent des problèmes d'économie hydraulique, il sera bon d'envisager l'institution d'une centrale pour le collationnement des observations et mesures, laquelle contrôlera divers postes-pilotes d'un réseau subdivisé. Il est convenu que cette centrale s'occupera de l'instruction, des instruments, du dépouillement, des publications et qu'elle sera pourvue d'un personnel scientifique et technique. Les mensurations sur le terrain pourraient être laissées aux chefs des sections extérieures selon la densité des mailles du réseau hydrographique à créer. On prévoira naturellement un contact fréquent entre les opérateurs et la direction de la Centrale. Celle-ci sera à même de renseigner tous les consommateurs d'eau d'une manière générale (pour l'irrigation et la navigation: Ministère de l'agriculture; pour la force hydraulique: Ministères des travaux et de l'économie publique), au demeurant les groupements non-gouvernementaux.

Dans le domaine de l'hydrographie, le Service fédéral des Eaux a envoyé plusieurs experts à l'étranger au cours de ces dernières années, entre autres en Iran (1959), en Israel (1962) et, présentement, un ingénieur organise le réseau hydrographique du Nepal. Plusieurs stagiaires venus de Yougoslavie, du Congo, d'Israel et d'ailleurs ont reçu une formation en hydrographie en Suisse. Ce Service est disposé à continuer cette même pratique à l'endroit des pays en voie de développement.

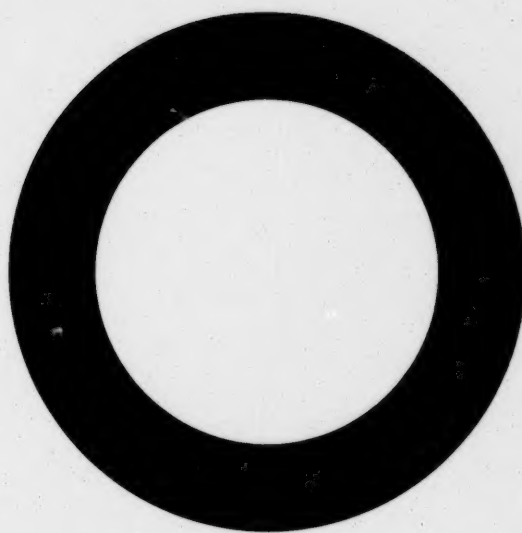
8. Des fondations privées assurent l'existence des observatoires spéciaux de Davos (pour le rayonnement en général et les problèmes de bioclimatologie) et d'Arosa (pour l'ozone et l'électricité atmos-

phérique). Divers arrangements déjà séculaires ont été passés avec les dits Instituts, de telle sorte que les attributions de travail dans les domaines connexes d'application pratique de la météorologie sont bien coordonnées.

9. Quant à l'enseignement proprement dit de la météorologie, il est partagé entre plusieurs professeurs et chargés de cours de l'Ecole Polytechnique fédérale et de l'Université de Zurich. Quelques leçons de climatologie sont données aux universités de Bâle, Berne et Genève. Actuellement, il n'est pas délivré de diplôme universitaire pour la météorologie, mais tant l'EPF que l'Institut suisse de météorologie sont en mesure de former des spécialistes, à condition qu'ils soient titulaires d'un grade universitaire.

10. Le Service météorologique suisse a envoyé de 1928 à ce jour plusieurs de ses agents à l'étranger pour organiser ou collaborer à l'aménagement de services similaires. Entre autres, le soussigné fut pendant sept ans directeur de l'Institut National Météorologique de Pologne, où, comme hydrologue, il prit une part active aux Conférences hydrologiques baltiques de 1929 à 1936 et travailla longuement avec le Service hydrographique de l'Etat pour la coordination des réseaux mixtes d'hydrométéorologie. Il proposa avant la guerre la structure actuelle de l'Institut hydrologique et météorologique de l'Etat.

L'Institut suisse de météorologie est en mesure de poursuivre sa politique d'entr'aide, soit en hospitalisant des stagiaires dans ses quelque dix sections spécialisées, soit en déléguant de ses propres agents à l'étranger, pour autant que l'exploitation normale le permette.





17 Oct.1962

ORIGINAL : ENGLISH

UNITED NATIONS CONFERENCE
ON THE APPLICATION OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
FOR THE BENEFIT OF THE LESS DEVELOPED AREAS

Agenda Item: A.3.4.2

Italy

SUBMERGED COMBUSTION
IN SALINE WATERS DEMINERALIZATION

By Eugenio MARIANI,
Alessandro R. GIONA,
Institute of Applied
and Industrial Chemistry,
University of Rome

Papers have been contributed to the United Nations Conference on the Application of Science and Technology for the Benefit of the Less Developed Areas, as working papers for that Conference. They are published as presented by the contributors, and the contents and the views expressed are those of the contributors. (See notes overleaf.)

NOTES

1. Papers selected for inclusion in General Sessions will be available at the Conference in the following official languages of the United Nations: English, French, Russian and Spanish.
2. Papers selected for inclusion in Specialized Sessions will be available at the Conference in only one of the above official languages.
3. Summaries of all papers, as submitted by contributors, will be available at the Conference in the following official languages of the United Nations: English, French, Russian and Spanish.
4. Papers and summaries will not be available for general distribution in advance of the Conference. They will be published in advance in limited quantities only for the use of delegations of participating governments and of other authorized participants. Post-Conference publication and general distribution of the Conference Proceedings will follow United Nations practices as laid down by the United Nations Publications Board.

SUBMERGED COMBUSTION IN SALINE WATERS DEMINERALIZATION

Eugenio MARIANI e Alessandro R. GIONA
Istituto di Chimica Applicata ed Industriale-Università di Roma

1. Introduction

In the submerged combustion process a fuel (gaseous or liquid) is burned in a chamber immersed in a liquid to be treated (solution to be concentrated, liquid to be evaporated etc.) so that the products of combustion which develop in the form of numerous bubbles, will gurgle in the same liquid thus assuring efficient thermal exchange, strong agitation of the liquid and consequently higher thermal efficiency.

Submerged combustion is particularly suitable for the concentration of solutions which attack the metallic materials generally used for construction of evaporators [1, 2]; in fact, corrosion and fouling problems are noticeably decreased both due to the absence of thermal exchange surfaces and to the lower temperature existing in the combustion chamber.

Figure I shows the combustion temperature versus the ratio of affluent and effluent water solutions, at the pressure of 1 Kg/sq. cm. for three types of fuel; in all cases a feeding temperature of 60°C. was assumed, and the excess air was 0 for methane, 9 % for butane, 50 % for Diesel oil. In examining the above diagram it can be seen that, at atmospheric pressure, the maximum temperature which can be reached is about 89°C and it is reached when methane is used. The temperature can be brought to higher values by increasing the working pressure (fig. I) or by using oxygen enriched air.

In submerged combustion the heat which develops is found as sensible heat in the gas and in the liquid, and as latent heat due to vaporization of the components transferred from the liquid to the gaseous phase; the composition of the gaseous phase will obviously depend upon the nature of the liquid and of the fuel and the bulk temperature.

In cases of aqueous solutions of electrolytes, the effluent combustion gases will be in equilibrium with the water and will contain it in a quantity proportional to its vapor pressure; therefore, the ratio water vapor/dry gases will increase with the heat value of the fuel and will decrease with the rate of feeding solution.

The aim of this preliminary study is to examine the possibility and convenience of applying submerged combustion to obtain soft water by demineralizing sea or brackish waters.

2. Application of submerged combustion to saline waters demineralization.- Flow-diagram.

Since the maximum quantity of water which can be condensed from gaseous products is about 16 Kg/kg of fuel, regardless of its type (the expense encountered for the fuel only would be of about 4.5 \$/1000 ga.), the process of submerged combustion for the production of softened waters from sea-water may not result convenient cost-wise, even if we consider the simplicity of installations, absence of corrosion, etc.

But if we consider that the gaseous products (steam+combustion gas), which develop in the combustion chamber contain almost all of the heat produced during combustion, these could be used as a source of heat for a battery of multiple-effect evaporators according to a flow diagram such as the one shown in fig. II.

The wet gas is sent from the boiler to a first evaporator (head of a battery of multiple-effect evaporators) in which it will transfer part of its sensible and latent heat. When coming out, after a separator, the gas is conveyed into a second evaporator of a new battery and then to a third one. The saline water, in the meantime, is pre-heated and sent in parallel flow to the evaporators and it will then be used to feed the boiler. With this procedure, while the salt concentration is kept low in the evaporators, a noticeable concentration of same is obtained in the boiler discharge water^a.

3. Selection of fuel

The specific theoretical production and the incidence of fuel on the final cost of demineralized water have been estimated considering the fuels mentioned above, in order to select the most suitable.

Theoretical production has been calculated establishing the proper temperature drops in the head evaporators so as to have the maximum obtainable total steam production. The steam produced in these evaporators has been multiplied by the number of effects which can be contemplated in each series, bearing in mind that the last effect works at 45°C temperature.

^a The diagram has been elaborated according to the plant suggested by Standiford and Bjork [3], adopting the same temperature differences among the evaporators of a battery and all possible heat recoveries. The number of evaporators in fig. II is merely indicative.

The results are summarized in figure III, where theoretical production is shown versus the heat value of the fuel. In the same diagram the incidence of fuel cost appears, referred to the specific theoretical production, having assumed two values as the cost of fuel i.e. $0.4 \text{ } \$/10^6 \text{ B.t.u.}$ (as recommended by the U.S. Department of Interior) [4], and $0.3 \text{ } \$/10^6 \text{ B.t.u.}$ (as adopted by Stanford and Bjork [3] for the economic evaluation of the Badger plant). The convenience of adopting fuel having higher heat value is demonstrated by the analysis of these results.

4. Effect of Combustion Pressure

For methane, which is a more convenient fuel from the point of view of maximum specific production of demineralized water, the possibility of adopting boiler pressures higher than atmospheric pressure has been considered. Combustion temperature would thereby be increased implying an increase in the number of evaporators and consequently in the steam production.

The results of the economic study carried out according to the standard procedure [4], for a 1 Mgal plant are summarized in figures IV and V, which indicate that as combustion pressure increases:

- (a) the higher the cost of fuel, the more rapidly the fuel incidence decreases;
- (b) the incidence of electric energy has a very rapid increase at the beginning and a slower one later on; the higher expense for the compression of a unit volume of methane (together with the relative air) is partially balanced by a decrease in the gas rate;
- (c) the cost of the plant increases very slowly; the higher number of evaporators, exchangers etc. is balanced by the smaller dimensions of the single equipment;
- (d) total cost of the water increases in the case of $0.3 \text{ } \$/10^6 \text{ B.t.u.}$ fuel cost, while it decreases in the case of the $0.4 \text{ } \$/10^6 \text{ B.t.u.}$ cost, (see point a)

Considering the results obtained, it is clear that an increase of combustion pressure, which unavoidably calls for more complicated installation and working conditions, can be justified only in particular and limited cases (low cost of electric energy, etc)

5. Effect of air enrichment

After having carefully considered the atmospheric pressure process and the methane process, the possible application of oxygen enriched air was then examined. The cost of demineralized water are reported in figure VI versus the air oxygen content, assuming that said enrichment does not bring about further expense. A noticeable cost reduction may occur only in those cases where the addition of oxygen is high.

6. Conclusions

From the analysis carried out it results that the submerged combustion, coupled with multiple-effect evaporators for the assumed capacity of the 1 Mgd plant, reaches a cost slightly higher than that estimated for the method of mere multiple-effect evaporation with saturated steam heating.

However, if we consider that costs of fuel and electric energy may vary in different Countries and that characteristics of submerged combustion are:

- (a) Less corrosion and fouling;
- (b) High concentration ratio in salts, suitable to obtain brines for NaCl recovery;
- (c) Less expensive installations required;

it can be concluded that the process could be conveniently applied when low price fuels are available and when medium and low production of soft water is required, that is to say in cases where the installation of multiple-effect evaporators would not result economically convenient.

References

- [1] BURDICK, F.M., ANDERSON, C.O., DUNCAN, W.E., Application of Submerged Combustion to Processing of Citrus Waste Products, Chem. Eng. Prog., 45, 539-544 (1949)
- [2] AUSTIN, J., Submerged Combustion Evaporators, Brit. Chem. Eng., 2, 490-494 (1957)
- [3] STANDIFORD, F.C.jr, BJORK, H.F., Evaporation of Sea Water in Long Tube vertical Evaporators, Advances in Chemistry Series, 27, 115-127 (1960)
- [4] U.S.Department of the Interior, A Standardized Procedure for Estimating Costs of Saline Water Conversion - PB 161375 (1956)

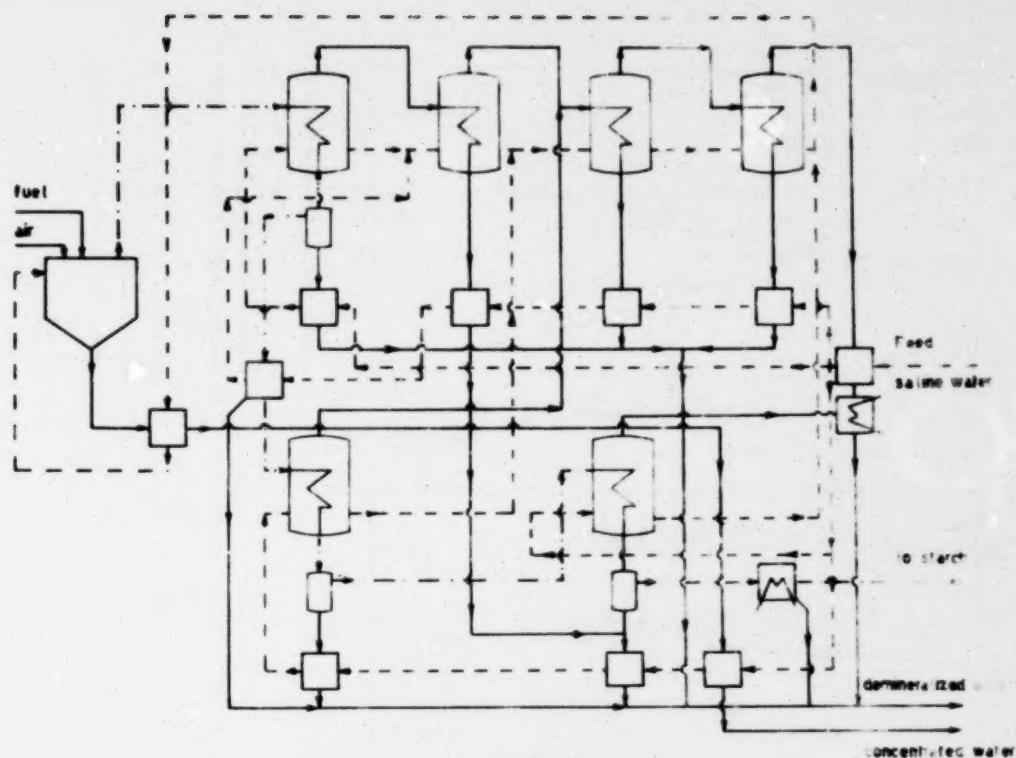


FIGURE II

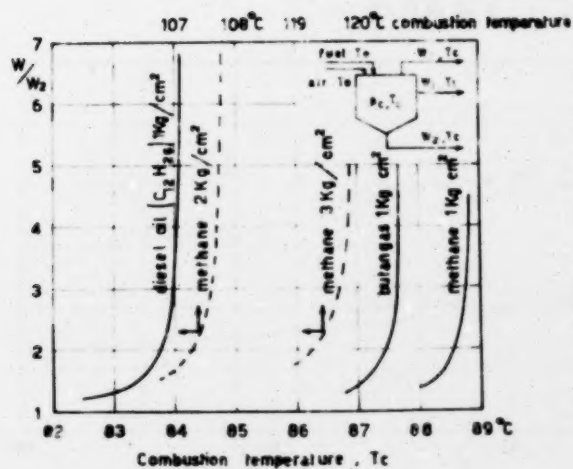


FIGURE I

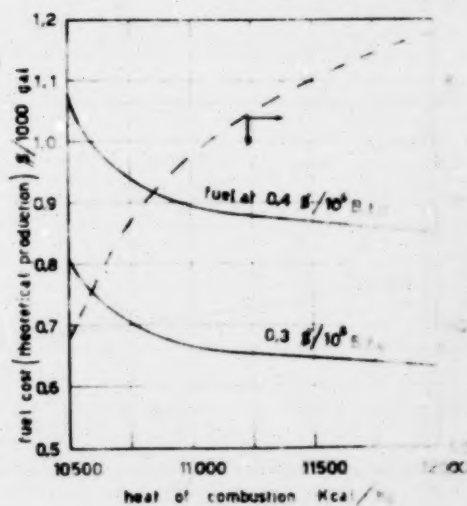


FIGURE III

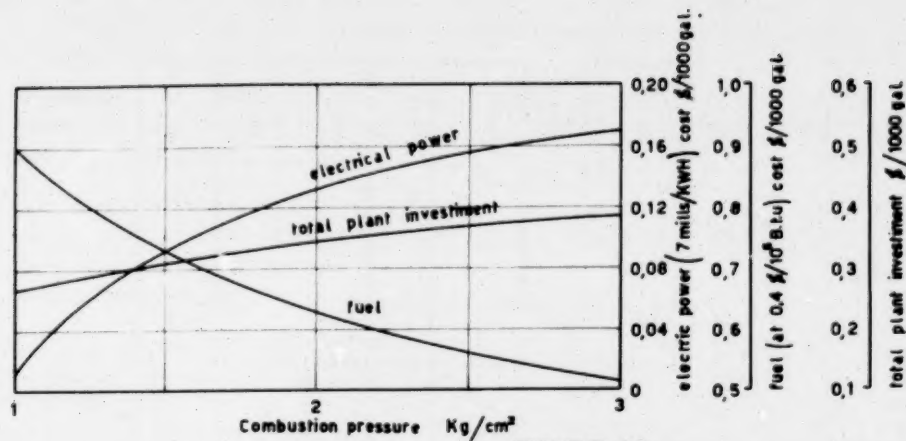


FIGURE IV

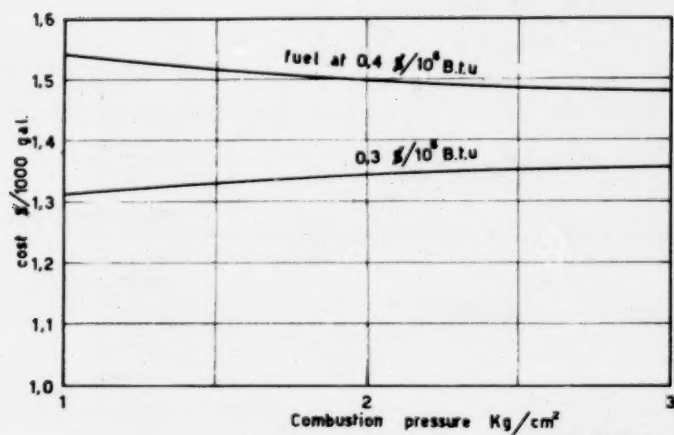


FIGURE V

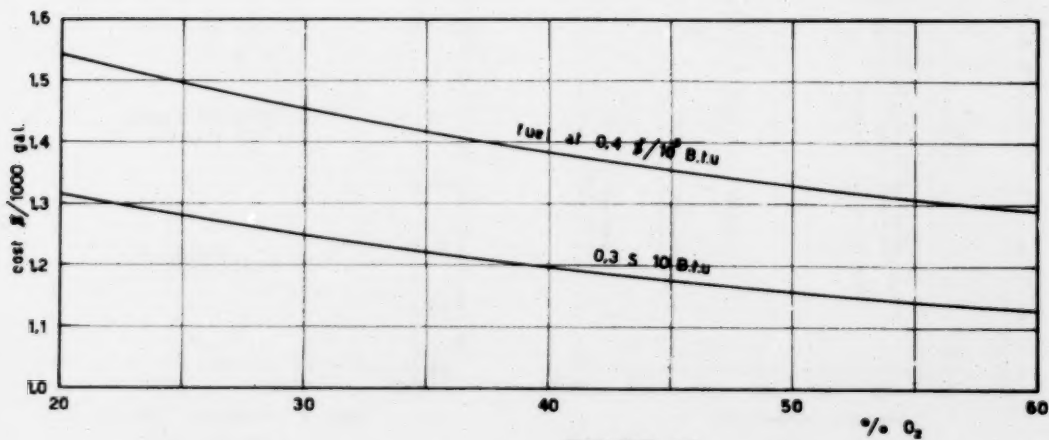


FIGURE VI



E/CONF.39/A/125

17 Oct.1962

ORIGINAL : FRANCAIS

**CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES
SUR L'APPLICATION DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNIQUE
DANS L'INTÉRÊT DES RÉGIONS PEU DÉVELOPPÉES**

Point de l'ordre du jour : A.3.3.1

UNESCO

**L'HYDROGÉOLOGIE ET LES CARTES HYDROGÉOLOGIQUES
COMME BASE DU DÉVELOPPEMENT DES RESSOURCES
EN EAUX SOUTERRAINES**

Par E. STRETTA,
Département des Sciences exactes et naturelles
de l'UNESCO

Les mémoires rédigés à l'intention de la Conférence des Nations Unies sur l'application de la science et de la technique dans l'intérêt des régions peu développées sont des documents de travail. Ils sont publiés tels qu'ils ont été présentés et les assertions et opinions qu'ils contiennent sont celles de leurs auteurs.

NOTES

1. Les mémoires choisis pour être présentés en séance générale pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.
2. Les mémoires choisis pour être présentés en séance spéciale pourront être obtenus à la Conférence dans l'une seulement de ces langues officielles.
3. Les résumés qui ont été rédigés pour tous les mémoires par les auteurs de ceux-ci pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.
4. Préalablement à la Conférence, les mémoires et les résumés ne feront pas l'objet d'une distribution générale mais d'un tirage restreint destiné aux délégations des gouvernements et autres participants officiels. La publication et la distribution générale des actes de la Conférence s'effectueront conformément aux règles et pratiques agréées par le Comité des publications des Nations Unies.

L'hydrogéologie et les cartes hydrogéologiques comme base
du développement des ressources en eaux souterraines.

par E. STRETTA

Département des Sciences exactes et naturelles
de l'UNESCO.

1. Introduction

L'importance du problème de l'eau en zone aride est d'autant plus grande que la plupart des pays qui s'inscrivent dans ses limites sont le plus souvent en voie de développement avec une économie presque uniquement basée sur l'agriculture, et une industrie naissante appelée à devenir grosse consommatrice d'eau.

En regard de ce problème, on constate dans ces mêmes pays :

- a) Une connaissance générale des ressources en eaux souterraines très rudimentaire et généralement basée sur la pratique de quelques usagers et pour des zones très localisées.
- b) Le caractère imprécis et vague de la couverture topographique avec des échelles inadaptées aux besoins de la recherche scientifique ou de la mise en valeur.
- c) L'absence ou le caractère sommaire des cartes géologiques générales du pays et l'absence de monographies régionales.
- d) La rareté relative de personnes d'un niveau scientifique ou technique acceptable pouvant, soit dresser et cartographier l'inventaire des ressources en eau, soit utiliser de façon rationnelle des cartes spécialisées à grande échelle.

En conséquence, l'accélération du développement économique de ces pays, exigeant une mise en valeur agricole et industrielle rapide face à l'accroissement considérable de la population, ne peut s'accomplir sans que soit dressé un inventaire ou un bilan des ressources naturelles comme par exemple, les disponibilités en eaux de surface et en eaux souterraines.

Pour les eaux souterraines en particulier, qui sont la principale ressource hydrique des pays arides ou désertiques, cet inventaire et ce bilan ne peuvent être réalisés que par la mise en application d'une science

relativement récente, l'hydrogéologie (ou l'hydrologie des eaux souterraines). La représentation graphique de cet inventaire sur une carte matérialise le travail des spécialistes et rend facilement contrôlables et utilisables les données relevées sur le terrain.

2. Importance du rôle de la géologie et des sciences connexes.

i) Le caractère de moins en moins empirique de l'hydrogéologie en fait effectivement une science nouvelle alliant à la rigueur mathématique de l'ingénieur, l'esprit intuitif du naturaliste. Il n'est plus question de recourir comme autrefois au paysan astucieux ou à l'expérience du puisatier local. Les nappes aquifères, exploitées parfois depuis la plus haute antiquité, s'épuisent rapidement avec les moyens modernes d'exploitation et l'intensité des pompages. Il faut trouver chaque jour de nouvelles ressources dans le sous-sol, il faut étudier l'infiltration et le cheminement des eaux, le mode de renouvellement artificiel du naturel des nappes, leurs points de fuite visibles ou occultes, etc...

C'est pourquoi l'eau souterraine doit être envisagée comme très étroitement liée au contexte géologique local et considérée comme une richesse minière ayant la particularité d'être partiellement renouvelable. Il faut donc étudier à partir des structures géologiques les conditions d'emmagasinement, de circulation et de renouvellement de ce fluide, car la géologie des eaux souterraines correspond exactement à la définition de l'eau considérée comme gisement minier.

ii) En effet, comme pour les hydrocarbures ou les gisements minéraux, la recherche et l'exploitation des eaux souterraines, c'est-à-dire en fait les problèmes de bilan hydraulique, de recharge naturelle ou artificielle, d'eaux salées, de pouvoir de rétention ou de transmissivité des terrains etc., ne peuvent être étudiés sans considérer comme primordiale l'étude géologique préalable de la région considérée.

La lithologie, la texture, le comportement tectonique ou mécanique des roches sont les principaux éléments de cette étude qui interviennent en hydrogéologie. Interviennent également l'étude stratigraphique, la sédimentologie ou la géochimie chaque fois qu'il s'agit de différencier, comme en géologie minière et pétrolière, l'extension des couches perméables ou imperméables, leur continuité ou les raisons de leur discontinuité, en un mot tout ce qui permet de déceler la présence des terrains perméables ou imperméables, leurs limites et leurs qualités. On connaît l'importance de ces problèmes dans les bassins aréfiques du Moyen Orient. Il est aussi possible de découvrir, comme cela fut fait au Sahara avec l'étude des grès albiens, des nappes artésiennes de grande profondeur dont l'existence n'aurait pu être soupçonnée sans une prospection géologique poussée.

iii) Cependant, les seules connaissances géologiques sont insuffisantes. Le spécialiste en eaux souterraines a autant besoin de géologie que de sérieuses connaissances de mathématiques, de physique et de chimie pour expliquer ou comprendre certains phénomènes.

Ces trois disciplines indispensables à toute étude hydrogéologique sérieuse permettent, en effet, grâce à l'hydraulique (hydrostatique et hydrodynamique), grâce aux procédés d'investigation géophysique (qui complètent les yeux et le marteau du géologue), grâce à l'hydrochimie ou la climatologie, non seulement d'établir un bilan intelligent des ressources en eaux souterraines d'un territoire, mais aussi de découvrir de nouvelles ressources ou de sauver des nappes aquifères en voie de disparition. Par exemple, le problème des intumescences de nappes phréatiques, celui des dômes de sels et de superposition de nappes à des charges différentes (problèmes typiques du Maroc et du Mexique) sont autant de cas précis illustrant cette interaction de diverses disciplines.

- iv) Des bassins entiers peuvent être revitalisés et voir transformer radicalement leur vie économique si une utilisation rationnelle et planifiée des eaux souterraines, combinée à celle des eaux de surface, notamment pour les besoins industriels, est entreprise par des spécialistes.

Faire un bilan des ressources ne suffit pas et étudier une nappe aquifère dans ses trois dimensions non plus. Connaître l'existence précise de l'eau souterraine ne se justifie que si l'on connaît également la tendance évolutive de la nappe et si l'on a la possibilité de diagnostiquer avec le maximum de précision son comportement au cours de l'exploitation. C'est pourquoi, en URSS et au Maroc notamment, une grande importance a-t-elle été accordée à l'évaluation des réserves et à la notion très récente de l'âge géologique d'une nappe, (cas des nappes des calcaires jurassiques au Maroc, au Liban et dans les monts du Taurus en Turquie, où des sources débitant plus d'un m³ à la seconde méritent d'être exploitées scientifiquement).

On se trouve dès lors bien loin de la prospection empirique de l'eau telle qu'elle se pratique encore dans de nombreux pays où le spécialiste demeure rare, où l'ingénieur comme le géologue sont absorbés par tant de tâches que ce problème est traité de façon trop rapide et superficielle et où les études d'ensemble de bassins ou de grandes nappes font totalement défaut.

3. Les cartes hydrogéologiques et leur importance.

C'est pour remédier à cet état de chose et pour permettre de grouper progressivement les données de base de l'hydrologie superficielle et souterraine que la cartographie des ressources en eau d'une région ou d'un pays est actuellement considérée comme un instrument indispensable de développement économique.

Il faut, bien entendu, en matière d'hydrogéologie, disposer des spécialistes nécessaires ou entreprendre au plus tôt de les former, mais il faut aussi en même temps commencer sans tarder à préparer leurs instruments de travail ou tout au moins leurs bases.

- a) Qu'est-ce qu'une carte hydrogéologique? C'est une représentation graphique - sur la base d'une carte topographique et géologique - des ressources en eau de tous ordres, disponibles tant en surface qu'en profondeur, pour un bassin, une province, un pays ou même un continent tout entier.

Les cartes d'ensemble d'URSS ou des Etats-Unis, de même que les cartes spécialisées de Westphalie, des Pays-Bas, du Maroc ou de Tunisie récemment publiées par ces pays donnent une idée de la variété de tels documents.

b) Quelle est la fonction de ces cartes? Il s'agit de mettre en évidence les phénomènes hydrologiques essentiels du territoire qu'elles représentent et concernant notamment l'hydrologie souterraine. De plus, il s'agit de mettre ces phénomènes à la portée de tout utilisateur éventuel dont la profession peut ne pas permettre la lecture d'un rapport hydrogéologique détaillé, car de tels documents s'adressent en particulier aux économistes, aux planificateurs, aux urbanistes, aux autorités locales comme aux agronomes, aux industriels et aux simples exploitants agricoles.

c) Quels sont les types de carte en usage? Ils sont très divers et d'autant plus différents que la confection et la publication de telles cartes viennent à peine de débiter dans quelques pays et qu'une codification des divers types les plus utiles est en cours sous le patronnage d'organisations internationales telles que l'UGGI et de l'UNESCO.

Les cartes de synthèse, les cartes de reconnaissance et les cartes détaillées à grande échelle sont les 3 types qui apparaissent comme les plus fréquents. Les cartes de synthèse et de reconnaissance sont en général établies à des échelles supérieures à 1/200.000 et les cartes détaillées à une échelle inférieure ou égale à 1/100.000.

Bien entendu, on utilise dans la mesure du possible, comme base, des cartes géologiques ou topographiques existantes.

Le mode d'établissement de ces cartes et la légende utilisée représentent un compromis entre la clarté de leur lecture et le nombre d'informations que l'on juge utile d'y représenter.

Des symboles de couleurs différentes groupés sur la carte principale ou répartis sur une série de cartes annexes spécialisées, permettent de représenter la quasi-totalité des informations recueillies sur la présence et le comportement des terrains aquifères ou des nappes qu'ils contiennent.

4. Rôle des cartes hydrogéologiques dans le développement des ressources en eaux souterraines.

Ces documents, sur lesquels figurent donc tout ce qui concerne l'existence de nappes aquifères souterraines (puits, forage, sources, lacs, etc.) la nature chimique et les volumes disponibles des eaux pour les besoins domestiques, agricoles et industriels, représentant un réel progrès sur la monographie régionale qu'il faut compiler et analyser.

Etant de première utilité pour la mise en valeur des ressources en eaux souterraines, ces cartes facilitent considérablement l'établissement de nombreux projets de développement économique pour lesquels le problème de l'eau est souvent l'une des pierres d'achoppement.

Les raisons en sont les suivantes:

i) Les conditions du milieu sont connues. La climatologie et la géographie physique d'une région conditionnent la présence des eaux de surface, mais les eaux souterraines dépendent étroitement de l'existence de structures favorables à leur infiltration et à leur conservation.

Il est donc indispensable de connaître en détail cette structure - grâce au fonds géologique de ces cartes - et les qualités physico-chimiques des roches qui la composent pour apprécier les processus d'infiltration, d'emménagement et de circulation des eaux souterraines. La qualité physico-chimique des nappes à développer peut être également présumée.

ii) L'exploitation rationnelle devient possible. Cette exploitation rationnelle n'est en effet possible que si l'on peut équilibrer, en fonction des conditions du milieu, l'utilisation des eaux de surface et des eaux souterraines. Les drainages, les réinfiltrations de nappes, les barrages souterrains, les captages par puits ou forages profonds, toutes ces opérations ne sont possibles que si l'on peut prévoir dans quelles conditions de terrain se fera l'exploitation, pour opérer d'avance avec le maximum de succès et éviter ainsi de nombreux et coûteux déboires. Les exploitations minières en Westphalie, les recharges artificielles de nappes en Californie, les mélanges d'eau douce et saumâtre actuellement étudiés en Israël, sont autant d'exemples de l'utilisation de ces cartes à des fins de mise en valeur rationnelle.

iii) La planification de l'économie est plus réaliste. L'économiste, l'architecte, l'urbaniste et l'industriel ont besoin de savoir, par l'analyse des cartes détaillées à petite échelle, dont certaines sont éditées au 1/50.000, où se trouve l'eau disponible sans attendre de rechercher un spécialiste et de lui confier une étude sur le terrain. C'est seulement au stade de la conception détaillée d'un projet, et non à celui préalable de la planification et des programmes, qu'il interviendra cette fois avec toute l'efficacité désirable et dans un secteur déjà sélectionné où des données scientifiques de base, même provisoires ou fragmentaires, lui permettront d'accélérer son travail.

La carte hydrogéologique aura déjà renseigné au préalable l'utilisateur sur les ressources existantes en fonction des nécessités agricoles, industrielles ou urbaines. Les projets d'alimentation en eau domestique, pour lesquels une planification à long terme doit tenir compte à la fois de l'augmentation de population des centres habités et des ressources disponibles au voisinage des lieux d'utilisation, deviendront plus précis, donc plus réalistes.

Le projet d'alimentation en eau de Casablanca, ceux de Rome ou de Dakar ont été planifiés et réalisés de cette façon.

iv) Les territoires arides peuvent se développer. Quand un pays s'inscrit dans les limites des zones arides (qui comprennent le tiers des terres émergées), une connaissance aussi poussée de l'hydrogéologie des zones à

développer et la cartographie des ressources en eau, même établie sous forme de carte de reconnaissance, représentent un moyen de premier ordre pour lutter contre l'appauvrissement agricole et la désertification progressive que le milieu humain tend naturellement à faire progresser.

L'exemple d'Israel, du Sud Marocain, de l'Australie, de même que celui des immenses territoires arides d'Asie Centrale, d'Arizona ou des hauts plateaux du Mexique, reste probant à cet égard et justifie un effort identique là où l'aridité, non combattue, continue de s'étendre.

5. Conclusion

Il est évident que l'ensemble des ressources naturelles d'un pays ne peut être mis en exploitation rationnelle que par une connaissance parfaite de leur existence, de leur répartition et de leur évolution, en fonction de l'homme ou des conditions du milieu. L'utilisation des ressources hydrauliques fait partie d'une des tâches de première nécessité, dans les pays neufs en particulier, et point n'est besoin de le démontrer. Mais étant donné que l'on a généralement tendance à ignorer plus facilement ce qui se passe à quelques mètres sous nos pieds, qu'à quelques milliers de kilomètres au-dessus de notre tête, les moyens scientifiques de parer à cette ignorance devraient être au moins aussi importants que ceux généralement employés à d'autres fins, puisqu'il s'agit de subvenir aux besoins vitaux de quelques centaines de millions d'individus.





E/CONF.39/A/126

17 Oct.1962

ORIGINAL : ENGLISH

UNITED NATIONS CONFERENCE
ON THE APPLICATION OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
FOR THE BENEFIT OF THE LESS DEVELOPED AREAS

Agenda Item: A.1.1

Finland

FUNDAMENTAL GEODETIC OBSERVATIONS
IN UNSURVEYED AREAS

By Prof. T.J. KUKKAMAKI, Ph.D., Dr.,
Geodetic Institute,
Helsinki, Finland

Papers have been contributed to the United Nations Conference on the Application of Science and Technology for the Benefit of the Less Developed Areas as working papers for that Conference. They are published as presented by the contributors, and the contents and the views expressed are those of the contributors. (See notes overleaf.)

NOTES

1. Papers selected for inclusion in General Sessions will be available at the Conference in the following official languages of the United Nations: English, French, Russian and Spanish.
2. Papers selected for inclusion in Specialized Sessions will be available at the Conference in only one of the above official languages.
3. Summaries of all papers, as submitted by contributors, will be available at the Conference in the following official languages of the United Nations: English, French, Russian and Spanish.
4. Papers and summaries will not be available for general distribution in advance of the Conference. They will be published in advance in limited quantities only for the use of delegations of participating governments and of other authorized participants. Post-Conference publication and general distribution of the Conference Proceedings will follow United Nations practices as laid down by the United Nations Publications Board.

by

Prof. T.J. Kukkamäki, Ph.D., Geodetic Institute,
Helsinki, Finland.

The importance of a map for the economic building-up of a country is selfevident.

For mapping and other surveying measurements it is necessary to have a continuous fundamental geodetic fixpoint network in one and the same system over the whole area in question. For each fixpoint the horizontal and the vertical coordinate must be measured with a proper accuracy.

In the countries where maps have been made for centuries, they were first made upon limited areas which often lay apart from each other. When these areas were later enlarged and came into contact with others, there were discrepancies between different maps and different coordinate systems. To remove the discrepancies, geodetic measurements over the whole area in question were necessary.

In the countries upon which no large scale maps have yet been made, the circumstances, as far as geodetic measurements are concerned, are better than in the countries where it has been necessary to patch up and alter old maps and coordinates. In the former case it is possible to measure a general fundamental geodetic network over the whole area before mapping is started and hence no discrepancies in the maps are to be apprehended.

The classical method, to establish a fixpoint system, the geodetic triangulation, is a laborious and time-consuming one. The modern methods, some of them already in use and some under development, offer possibilities to establish a fundamental geodetic fixpoint system over large areas in a short time and at a low cost, as compared to the old methods. The following methods, in the order of their accuracies, can be mentioned here :

- Astronomical latitude and longitude determinations.
- Reduction of the astronomical determinations by the aid of gravity measurements into a world-wide system.
- Use of artificial satellites in geodesy.
- Distance measurements with Shoran and corresponding apparatus
- Stellar triangulation.
- Trilateration with tellurometer and corresponding apparatus.
- The classical triangulation.

The astronomical determination of the latitude and the longitude can be performed with a transit instrument or astrolabe under field conditions with an accuracy of about 10 meters. This is satisfactory for many purposes.

The results of the astronomical determinations, however, concern the actual physical plumb line. This deviates from the theoretical vertical direction and even in a flat country the deviation can change in an area of some tens or hundreds of kilometers several seconds of arc, which corresponds to an error of hundreds of metres in the distances and the directions between the observation points.

The errors caused by the deviation of the vertical can be reduced essentially by determining the direction of the actual physical plumb line by the aid of gravity measurements. This method requires a dense gravity point net in the neighbourhood of the astronomical point. For the other regions the gravity measurements can be sparser the farther the region is situated from the astronomical point. For the distant regions the published gravity measurements can be used and the special gravity determinations are necessary in the local area only. These can be carried out in a relatively short time. Depending on the density of the gravity measurements which are available for the computation of the deflection of the vertical in the world-wide geodetic system, the reduced astronomical coordinates have an accuracy of a half second of arc which corresponds to a linear error of 30 metres. 1).

The technique of using artificial satellites in geodesy is as yet at a very early stage of development. Hence, it is difficult to say how high the accuracy will be that can be attained in the near future. Until now optical tracking has been mostly used, but this technique is strongly dependent on weather conditions. Electronic methods for tracking are independent of weather and may be of great and important service to the satellite technique. In any case, the accuracy of these methods comes close to the accuracy of the gravimetrically reduced astronomical coordinates.

1) Reiskanen, W., On the world geodetic system, Veröffentlichungen des Finnischen Geodätischen Institutes No. 39 (1951).

2) When using the afore-mentioned methods the determination of the location of a point is an individual procedure, not dependent on any other point. Thus the points to be determined can be situated at any distance from each other and thus they can be located in desired areas of the territory to be surveyed. This is, of course, a great advantage, especially in a country where no geodetic points have been available. The accuracy here, however, is relatively low and not satisfactory for most of the modern surveying or other measurement work. When greater accuracy is desired, the geodetic points must have direct or indirect visibility, optical or electronical, between them. This condition limits the distances between the points to some hundreds of kilometers by the indirect, and to some tens of kilometers by direct visibility.

The electronic distance measurement technique has been developed since the Second World War. In the form of Shoran this method has been used to a large degree in Canada. 3) The distances of 100-600 km between geodetic points are measured by the intermediation of an aeroplane flying midway between the points, the distance between which is to be measured. The observation points form a triangle net, the sides of which are measured. The accuracy of this method, the trilateration, in the actually performed measurements has been $1/50000 - 1/100000$, which corresponds to an accuracy of some meters. This method has given a highly usable geodetic coordinate system in areas where no accurate geodetic measurements have been made earlier, for example in Northern Canada. In addition, this method is fast; in Canada 92 points covering 5.2 million square kilometers were measured in the course of one year.

Reaching a greater accuracy for a triangulation net where the side lengths are several hundreds of kilometers, seems possible by the aid of a method suggested and experimented in Finland. In this method, stellar triangulation 4), light signals which are elevated by the aid of a balloon or a rocket to the height of tens or hundreds of kilometers respectively, are photographed from two geodetic stations against the starry sky. Using the stellar

-
- 2) Kaula, W.M. Symposium on the use of artificial satellites for geodesy, Bulletin géodésique, 65, 193-196 (1962).
- 3) Ross, J.E.R., Canadian Shoran effort 1949-1953, Empire Survey Review, Vol.XII, 242-254, 290-303 (1954).
- 4) Vaisälä, Y. and Oterma, L., Anwendung der astronomischen Triangulationsmethode, Veröffentlichungen des Finnischen Geodätischen Institutes No. 53 (1960).

coordinates the direction of the line from one geodetic station to another is computed. This procedure is repeated and the directions of all the sides of the triangulation network are measured.

The stellar triangulation surpasses the classical triangulation in that, the sides of the triangles can be lengthened essentially and that the effect of the refraction because of the great elevation of the light signals is reduced to a fraction. Hence, the accuracy of the vertical coordinates matches the accuracy of the horizontal coordinates. The first experiments in Finland gave an accuracy of $1/200000$. In addition to this the stellar triangulation is independent of the irregularly changing plumb line direction.

A net measured with Shoran or with stellar triangulation is not dense enough for actual surveying purposes. The net can be made denser by aid of trilateration with electronic distance measurement apparatus, such as the tellurometer 5) or similar device, or by classical triangulation. The trilateration cannot as yet give as high an accuracy as the triangulation, but the former is faster and more economical. These properties must be considered more important at least in areas where no geodetic coordinates are available.

A greater density of the geodetic points than that determined with the fundamental geodetic measurements listed above, is required for classic mapping and photogrammetric mapping. In that case triangulation, trilateration, traverses and, especially, photogrammetric triangulation are to be used. Those methods are not the subject of this paper.

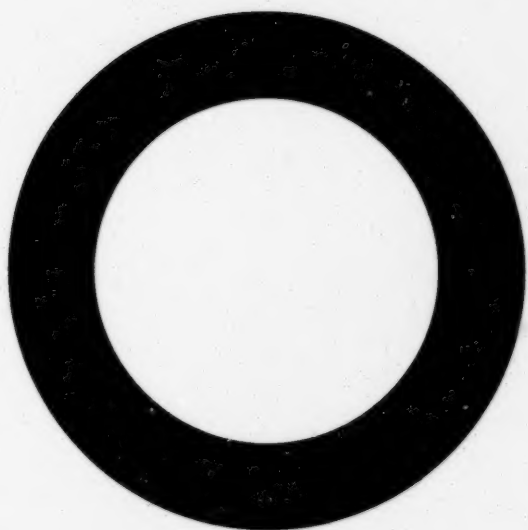
The fundamental geodetic determination, such as astronomical determinations, Shoran measurements, the satellite techniques and stellar triangulation, require relatively expensive equipment. Also the personnel needs a long academic and field training. It seems advisable, therefore, that in the countries where no geodetic equipment or personnel are available, these measurements generally be carried out by the international organizations or by the countries which own the needed equipment and personnel.

The tellurometer and corresponding measurements are not so costly and do not require such long training. In addition, the tellurometers can be used in local surveys and in many other measurements except the fundamental geodetic work. Thus it seems advisable that an effort be made to have the tellurometer measurements, which may have been started with foreign aid,

5) Wadley, T.L., The tellurometer system of distance measurement, Empire Survey Review, Vol.XIV, 100-111, 146-160 (1957).

carried out as soon as possible with the country's own equipment and by its own personnel. The training of the personnel can be arranged to take place in connection with the possible measurement which foreign personnel at the beginning carries out. If no measurements of that kind have been made, the training can be arranged by the aid of experts of the United Nations Technical Assistance Administration.

In geodesy as in all advanced technical fields the terminology in the countries where there has been no activity in that field earlier, first comes from the language of the country from which the method is adopted or where the equipment originates. In order to intensify the activity it is necessary to create the country's own terminology as soon as possible and to prepare at least elementary instructions in the language of the country. By so doing the elementary training is promoted and in addition to this, only when using their own language will people feel that the new technique is their own. Only then may one expect such initiatives and new ideas, which are capable of advancing the investigation of geodesy.





E/CONF.39/A/127

17 Oct.1962

ORIGINAL : ENGLISH

**UNITED NATIONS CONFERENCE
ON THE APPLICATION OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
FOR THE BENEFIT OF THE LESS DEVELOPED AREAS**

Agenda Item: A.3.3.1

United Kingdom

GROUND WATER PROSPECTING

By H.T. HALE,
T.D., B.Sc. (Eng.), Hons. Lond.,
M.I.C.E., A.M.I.W.E., F.R.G.S., M.Cons. E.

Papers have been contributed to the United Nations Conference on the Application of Science and Technology for the Benefit of the Less Developed Areas as working papers for that Conference. They are published as presented by the contributors, and the contents and the views expressed are those of the contributors. (See notes overleaf.)

NOTES

1. Papers selected for inclusion in General Sessions will be available at the Conference in the following official languages of the United Nations: English, French, Russian and Spanish.
2. Papers selected for inclusion in Specialized Sessions will be available at the Conference in only one of the above official languages.
3. Summaries of all papers, as submitted by contributors, will be available at the Conference in the following official languages of the United Nations: English, French, Russian and Spanish.
4. Papers and summaries will not be available for general distribution in advance of the Conference. They will be published in advance in limited quantities only for the use of delegations of participating governments and of other authorized participants. Post-Conference publication and general distribution of the Conference Proceedings will follow United Nations practices as laid down by the United Nations Publications Board.

Ground Water Prospecting

by

H. T. Hale, T.D., B.Sc.(Eng) Hons.Lond., M.I.C.E.
A.M.I.W.E., F.R.G.S., M.Cons.E.

1. According to the Oxford Dictionary the meaning of the word "Prospecting" is "the exploration of a region" and the use of the word conjures up a sense of adventure, independence of thought and a degree of uncertainty.
2. Adventure is fulfilled by each assignment differing in detail from previous ones.
3. Independence of thought is essential as the ground water problem of any area under review is unique. Whilst it is possible for ground water in certain regions to be similar, detailed variations of the many variables affecting it's incidence necessitate a complete freedom from stylisation of approach.
4. The degree of uncertainty is always present as existence of useful ground water and the quality thereof cannot in man's present understanding of the problem be forecast beforehand with precision.
5. UN. Publication 60 II ES of 1960 Annex III Para. 265 describes ground water "as an element of the hydrological cycle. The study of the ground water phase involves features that are different from studies of other parts of this cycle."
6. Para. 266 continues "The investigation of ground water resources requires information on their occurrence, movement, storage, recharge, discharge, quality and quantity."
7. To enable ground water prospecting to succeed adequate finance is necessary. The main skills required are engineering and geology - all others support these two.
8. Successful prospecting is dependent on first class teamwork uniting the specialist skills required in the search for underground water. The team will have to cover the following branches:-
 - (a) Engineering.
 - (b) Geology.
 - (c) Aerial Photography and Interpretation.
 - (d) Survey and Mapping.
 - (e) Geophysics.
 - (f) Agriculture and Soil Agronomy.
 - (g) Hydrology.
 - (h) Economics of Development.
9. The requirements of each branch are closely knit with those of the others and problems and results affecting one will have repercussions on most others.
9. Ground water exists in a vast number of localities but only a comparatively small amount is of a quality and quantity useful to the needs of man.

It is emphasized that :-

- (a) All underground water originates as rain.
- (b) Useful water cannot be found where it does not exist.
- (c) Water reserves must be found and tapped before it is possible to ascertain the quality and quantity of water that can be safely withdrawn without depleting these reserves.

10. Ground water has the following advantages :-

- (a) It is not subject to evaporation in its underground reservoirs.
- (b) It is not generally subject to high bacterial pollution although in certain circumstances development on a catchment area contributing to underground water has got to be very carefully controlled.
- (c) The constitution of underground water is fairly constant provided that over-abstraction is not practised.
- (d) Draw-off from underground water resources can be controlled through control of pumping rate and therefore in periods of low demand it is not necessary to abstract from the underground water reservoirs.
- (e) Recharge of underground reservoirs can be practised although this branch of water conservation is still in its infancy and considerably more experimental work is required in this field before related problems are fully understood.

11. Disadvantages of ground water are :-

- (a) Generally reservoirs require pumping for abstraction and therefore production is comparatively costly.
- (b) In many cases fairly long transmission lines are required to convey water from the underground reservoir to the source of use.
- (c) In certain areas chemical pollution of water can be rapid if over-pumping takes place.
- (d) In a well developed scheme abstraction rates should be carefully balanced against replenishment and this may set a limit on the amount of water which can be utilised.

12. In spite of many claims, there is no short cut way to success in ground water prospecting and all work must be methodically undertaken in the following order :-

- | | |
|-----------|--------------------------------------|
| Phase I | Initial Reconnaissance. |
| Phase II | Survey. |
| Phase III | Assessment of Drilling Requirements. |
| Phase IV | Fieldwork. |
| Phase V | Development. |
| Phase VI | Control of Abstraction. |

Phase I - Initial Reconnaissance.

13. It is essential when considering a programme of ground water prospecting for administrators initiating the scheme to invite a report from an expert who will give sound impartial advice as to the feasibility of the project as the result of an initial reconnaissance.

14. This enables the expert to study local needs, to get a feel of the country, to assess the problems to be met and to formulate a phased plan covering the various stages of ground water prospecting. Provided expenses are covered the Report produced as a result of such a visit costs little and forms the basis for forward budgeting. It also shows how a phased programme of fieldwork and development should be put in hand.

15. This phase would include amassing all topographical and regional geological information available about the area and would be further extended by questioning of local people and by reviewing any history of search or failure of water which might have occurred in the past. Co-ordination of historical information concerning previous use of water is of great importance as although in the past it may not have been possible for scientific analysis to have been made, the economics of the search for water may then have been totally different from today.

16. In the days of large empires and huge labour forces (generally acquired as a spoil of war) it was possible to seek water by non-scientific means because the need to gain it was a dire necessity for survival. Further, in ancient times vast areas are known to have been irrigated and to have been fertile where now little or no cultivation exists.
17. The destruction of empires by political or natural forces has often allowed these ancient water sources to fall into disuse and recent discoveries have testified to the great engineering ability of ancient civilisations to make the most advanced use of the water available in their area. Such massive works of irrigation and transmission of water were possible only by means of the ready availability of labour.
18. Very often the reasons for siting ancient alics in specific locations has been lost in the mists of antiquity and the Author's practice is to investigate all possible sources, historical or legendary of the search for water. Certain wells in Arabia have been known to produce water before the days of the Prophet.
19. Today alternative means are available in the form of international finance, technical aid and scientific knowledge.
20. The expert engaged for the initial reconnaissance will formulate plans for the carrying out of the remaining phases of the work and should also give indications of chronological timing and financial control. It should be noted that the following phases may be put in hand in sequence or may proceed side by side dependant upon the precise nature of the problem in hand.

Phase II - Survey.

21. This should include in greater detail than was possible in the Initial Reconnaissance, a close study of the History, Topography, Geology and Meteorology of the area under review.
22. Should sufficient survey information not be available air photography can be used to establish this both quickly and cheaply. It is not always essential that ground control be set up for this purpose and very often uncontrolled mosaics are sufficient to commence initial investigations with properly controlled mapping following later.
23. Skillful interpretation of air photography can establish :-
 - (a) The presence of ancient irrigation systems and cultivated areas now disused.
 - (b) The watersheds and drainage basins of the area under review.
 - (c) Surface geological features.
 - (d) Present day types of vegetation cover.
 In addition it provides a basis from which the prospecting can be controlled.
24. Sub-surface geological records should be studied and assessed if any exist. Preliminary work can be carried out to investigate major items of loss of water by seepage, run-off to sea, evaporation, underground water wastage from the area, intrusion of brackish water either from inland or sea sources. Also an indication can be given of the rate of replenishment of underground reserves from the depositions on or adjacent to the area.
25. In areas where the watertable is shallow the hand-digging of wells should be encouraged pending the arrival of suitable drilling gear if skilled well diggers are available.
26. During this survey period too, it should be possible to arrive at an overall assessment of the different types of water which are required in the country concerned. These would comprise :-
 - (a) Potable and Sanitary Water.
 - (b) Agricultural and Horticultural Water.
 - (c) Industrial Water.
 - (d) Brackish Water.
 - (e) Salt Water.

Potable Water Standards.

27. Impurities in water are measured by the total dissolved solids content and in more advanced civilisations this may be held to a figure of 35 to 70 parts per million. In arid zones large

numbers of people exist quite comfortably on semi-brackish water of the order of 3500 parts per million total dissolved solids. Where practicable a limit should be set at not greater than 1500 parts per million.

28. There are certain limitations to the individual components of chemical origin and great care has to be exercised in ensuring that none of the individual components can cause serious difficulty to the populations concerned. Examples of this are excess salt or sulphates. Excess nitrates may give cause to the production of "blue babies". In other words it is essential that a properly balanced water is brought into use.

Agricultural Standards.

29. In the same way there are specific requirements for chloride and other chemical make-up in connection with water for agriculture, stock raising and other special horticultural purposes.

Industrial Water Standards.

30. Should underground water be required for advanced industrial purposes, it may be necessary to de-mineralise it in order to produce the very high purities which are necessary in certain advanced applications such as for example use in super high pressure boilers. On the other hand, brackish water may be suitable for some industrial uses.

Salt Water Standards.

31. Occasionally connate water is mined for processing by evaporation to produce rock salt or other minerals. In this case standards may allow the use of ground water having a total dissolved solids content greater than sea water.

Phase III - Assessment of Drilling Requirements.

32. Upon analysis of topographical and surface geological information, it is possible to assess drilling requirements necessary to probe into the sub-surface geology and the underground reservoirs.

33. Dependent upon the nature of the terrain, water may be found at shallow, intermediate or deep horizons.

These are defined as :-

- | | |
|--------------|--------------------------|
| Shallow | - down to 500 feet. |
| Intermediate | - 500 feet to 1000 feet. |
| Deep | - over 1000 feet. |

However, it is not usual for water of usable standards to be gained from horizons more than 3000 feet deep.

34. Water may be found in the drift geology or in the solid geology or both and both potential sources must be investigated.
35. Accessibility of drilling sites and transportation of rigs have to be considered.
36. The following styles of equipment are available :-
- (a) Percussion cable rigs.
 - (b) Rotary rigs using conventional mud circulation.
 - (c) Rotary rigs using air blast ejection.
 - (d) Air turbine rigs.

The last two types are new and subject to proving and development.

37. Unless other geological studies are available in the area some coring will be essential to establish geological sections and therefore a proportion of rotary rigs will usually be required.
38. There is naturally some overlapping of the depths which can be reached by various styles of equipment but for water prospecting the following arrangements have proved satisfactory.
39. Percussion cable rigs are simple, robust and suitable for operation down to depth of about 800 feet although heavier types can reach greater depths. It is possible to train local

personnel to operate these rigs satisfactorily provided that a competent drilling superintendent is available for general training and guidance.

40. The success of any drilling operation depends entirely upon first-class maintenance of rigs and tools and it is essential that very adequate servicing and replacement facilities are available because of the very heavy wear on equipment during operation. The use of unsharpened or improperly kept tools is uneconomic and the continuous replacement of drilling wires, engine parts etc., is essential to safeguard men's lives and to enable the project to proceed smoothly.
41. For the intermediate range of about 500 feet to 1000 feet, and in rock formations, it is generally necessary to utilize the more complicated light rotary drilling rig with rock cutting bits. Extremely heavy wear can be encountered in these conditions and essential maintenance and servicing requires more comprehensive workshop facilities than is the case for percussion rigs.
42. In certain formations it may be necessary to change to diamond or carbide tipped drilling bits. The use of these is expensive and is usually confined to essential sections only.
43. Over a depth of 1000 feet it is usually essential to utilize heavy rotary drilling rigs and these may be of varying power and size dependent on the formations through which one has to drill. The ultimate being the type of rig utilized for oil well drilling which may start off with a 21 inch hole at the surface for spudding in.
44. In the air blast ejection rotary rig drilling mud is not circulated to the bit but a blast of air is directed at high pressure through the centre of the drill stem and this is sufficiently powerful to eject the fine drill refuse from the bottom of the hole up the side of the hole and to the surface. This rig is useful for operations on an exploratory basis in dry formations down to the water table in desert countries. However, it has not yet been used sufficiently to be able to ascertain whether it has any benefit over the normal mud circulation rig for the drilling of production holes.
45. Within recent years the Russians have developed an air turbine drilling rig in which the drill stem is held stationary and does not rotate and the drilling bit is rotated by an air turbine suspended at the end of the drill stem. This turbine is driven by high pressure air fed down the centre of the drill stem and the bit is rotated at high speed. Use of this type of rig has chiefly been for the search of oil but it could have advantages in the search for water.
46. At the top end of the scale for shallow excavation work sight should not be lost of the use of small tube wells which can be inserted in some grounds by hand or by means of auger boring or percussion boring down to depth of about 50 feet to 100 feet.
47. The style of formation to be encountered will legislate whether one has to use casing throughout or in part of the hole and normal drilling practice has to be followed in this problem as it is extremely expensive in time and money to get a "cave in" with the possible consequence of having to abandon hole and the drill stem therein.
48. A recent development for casing shallow wells is made of aluminum which allows break down into packs suitable for animal transport, but which can be assembled on site to form a hexagonal section.
49. Excellent exploration work has been done in the Middle East with cheap forms of casing which have been transported as flat strip and rolled on site and welded and inserted into the drill hole with consequent economy.
50. On the majority of surveys some coring will be necessary. For this it is more economic to use smaller types of diamond coring drills of NX and BX sizes rather than to utilize full-scale production drills. The diamond coring drills can reach to considerable depth and are satisfactory for producing a comparatively cheap core up to 2½ inches diameter. Generally speaking smaller cores than this are not suitable for detailed examination in the laboratory.

Phase IV - Fieldwork.

51. It is the Author's firm belief that only by drilling sampling and applying pumping tests can the reasonable assessment of reserves of water be achieved. There is no short cut method although some clients are taken in by claims as to the efficacy of easy methods.

52. Clients accepting these assurances have attempted to do without a proper hydrogeological investigation and have gone straight into production drilling only to find that after a large expenditure of money the water produced is unsuitable.
53. It is advisable to go to tender for the services of drilling specialists and it is emphasised that the international field of competent good drilling contractors with skill in the search of water is limited. Specialist knowledge accumulated of specific regions is a valuable adjunct at this stage. Open tender therefore is not to be advised and selected or nominated contractors only should be asked to bid.
54. Drilling should be to a prescribed programme which will support and prove geological theories.
55. Rainfall recording stations should be set up and arrangements made for the security thereof.
56. At this stage arrangements must be made to set up a careful control to rapidly analyse and evaluate all data gained in the field. This is essential to ensure the intimate and proper co-ordination of all skills.
57. Control of the survey can be done by plotting parameters for several characteristics. These may be :-
- (a) Total dissolved solids.
 - (b) pH.
 - (c) Chloride Content.
 - (d) Sulphate Content.
 - (e) Any other harmful Content.
 - (f) Electric Conductivity.
58. Laboratory methods of determination of the complete chemical contents of water are lengthy and time consuming. They are not rapid enough for the efficient daily control of the survey.
59. The Author in common with other workers in this field therefore normally uses Electric Conductivity as a control; plotting what he has termed "isocons". These are lines joining points of equal electric conductivity and can be used to compare results from boreholes tapping into the same water source.
60. The apparatus used to measure electric conductivity consists of a small hand driven electric generator which discharges a current through a column of water between two electrodes spaced to compensate for the temperature of the water. A slipping clutch ensures that the electric discharge to the samples is at a constant potential and the conductivity of the sample is measured by a dead beat galvanometer.
61. Results can be obtained in a matter of minutes and provided the instrument is kept clean and free from contaminating salts, the results are consistent and reliable. The instrument is robustly made to endure prospecting conditions.
62. Team work is essential in the production of field work amongst the professions and technical skills which are necessary to mount a survey. The direction of this team should be by Engineers closely supported by Geologists.
63. The team will require to be organised according to the scale of operations and in a small survey it is probable that several functions can be performed by individuals doubling in the different professions backed up by specialist advice at base. On the other hand, a large-scale survey may mean the setting out of a very considerable field force to work in many areas at once.
64. To assist them in their work they should be in possession of as much topographical information as possible together with the basic geological information of the area and should have available mosaics from the aerial photography for the regions which they have to survey.
65. Whilst it is desirable to go in for full-scale triangulation this is not essential and very adequate work can be done by the utilisation of uncontrolled mosaics together with plane table equipment for local surveying and by using the aneroid barometer for elevation survey. The aneroid has certain limitations but it is usually possible to work to limits within + or - 3 feet and for many purposes it is adequate, certainly in the initial stages of the survey. The chief advantage is speed.

66. Accuracy should be introduced at some stage of the proceedings when a full-scale levelling survey or grid over the region should be undertaken to establish precise relationship between topographical and geological features and underground water tables.
67. It is also essential that the field staff be equipped with a reasonable laboratory to carry out initial testing of samples and that they be backed up by first-class base facilities. In these days of rapid air transport it is usually possible to get samples back to a fully established laboratory within a short time of sampling taking place at site.
68. Detailed study of air photography should enable the field party to establish water sheds, valleys, certain surface geological indications such as porous or impervious surface formations, anticlines, synclines, outcrops, faults, fissures and sink holes. In addition it may be possible to interpret stream effects, washes and run-off into the sea. Occasionally it is possible to determine the effect of wind erosion.
69. From this preliminary work on the air photography it is essential to plan the geological programme and field work and to ensure that this is in a methodical manner.
70. The geological survey will comprise three aspects :-
 - (a) The determination of the drift geology, if existent.
 - (b) The determination of the surface solid geology.
 - (c) The determination by drilling of the sub-surface geology.
71. Effects of glaciation, filling of depressions by washes, grouping of depressions and/or valleys by surface flow, sheet flooding, vegetation, fertile or infertile siltting and mud trapping will be investigated as all of these aspects will have a bearing upon the problems. Regional developments such as the intrusion or emergence from the sea, the fall of the water table and the rise of land should also be studied. Water may occur in the drift geology or in the solid geology and both potential sources should be investigated.
72. The science of geophysics is a useful sound adjunct to cutting down drilling time and therefore expense. Four geophysical methods exist :-
 - (a) Seismic.
 - (b) Magnetic.
 - (c) Gravitational.
 - (d) Electrical.

Of these the electric method is the most useful in the search for ground water by the application of resistivity methods.
73. The detailed co-ordination of resistivity with geological finds has to be worked out as a result of field work for each area but once the inter-relationship is established a reasonable degree of certainty can be placed on geophysical predictions.
74. For each water source it is possible to establish fairly quickly a laboratory relationship between total dissolved solids and electric conductivity. Provided the source or type of water does not change this relationship can be used in the field and water sampling can be done by assessing the electric conductivity.
75. As results are obtained from boreholes various physical data is tabulated, such as :-
 - (a) Strike Water Level.
 - (b) Rest Water Level.
 - (c) Electric Conductivity - taken at various depths.
 - (d) Pumping Test Yield - taken at various depths.
 - (e) Recovery Rates.
 - (f) Geological Sections.
76. By plotting and analysing this data it is possible to build up a detailed picture of the water resources, their origin, physical and chemical characteristics and the amount of the reserves.
77. Tests to ascertain the porosity of the geological strata, the vertical and horizontal transmission rates therein, pore pressure and chemical make up must be carried out and tabulated. Electric borehole logging may be of assistance.
78. Initial theories are confirmed or may have to be modified or even discarded and new theories of origin worked out until a thorough understanding of the water is established.

79. Whilst the geophysical and geological pictures are being proved, knowledge will be accrued to enable the hydrological aspects to be more closely evaluated.
80. The suitability of water for drinking, agriculture and industrial purposes varies according to the total solids dissolved in it since its origin as rain. This may be from present depositions or from depositions which have fallen in the past.
81. Dependent upon where the rain was deposited, the strata through which it has passed and the time and condition of storage, so will its quality vary.
82. Also, the nature of the water bearing strata will determine how readily or otherwise the strata will give up its water and how quickly it will refill from re-charge sources.
83. Recent developments in the use of radio isotopes have enabled estimates to be made of the age of water in underground strata.
84. It will be seen therefore that until water is found and tested its suitability cannot be ascertained.

Phase V - Development.

85. Whilst the field work is in train it is possible to commence formulating ideas as to the development of the ground water reserves.
86. Economics will have a large bearing on whether ground water resources are developed or whether other forms of provision of water such as distillation of sea water or electro-dialysis of brackish water may be more readily and economically achieved. The solution may hinge on the availability of cheap heat or power. In some countries ground water reserves may be remote from areas of population. Consideration may therefore have to be given to transferring population to habitable areas nearer the reserves. In this case however it is essential that precautions are taken not to pollute the reserves.
87. For the development for agriculture, normally prospecting will have been directed to regions where soil qualities, drainage of cultivated areas and other factors have been considered.
88. In the case of industry it may be that the final location is decided only after the location of the reserves has been established.
89. Ground water sources may be polluted and the water abstracted therefrom may require purification before being taken into use.
90. Typical pollution may be :-
 - (a) Physical Colour.
 pH Value.
 Temperature.
 - (b) Chemical Sulphates.
 Carbonates.
 Chlorides.
 Nitrates.
 Fluorides.
 - (c) Biological Bacteria.

Each of the above can prove harmful or undesirable unless removed or controlled.

91. Treatment costs will depend on the extent of purity required and the amount of pollution existing.

Phase VI - Control of Abstraction.

92. The use of ground water means the taking up of natural reserves. These if taken up without care and forward planning can be quickly destroyed by excess pollution or by cessation of the source.
93. There is danger in the uncontrolled use of water for agriculture particularly if it is artesian in nature resulting in the saturation of ground and the destruction of agricultural facilities in the region.

94. Hydrological and Meteorological Studies obtained from the survey should give a sound basis on which to base abstraction rates.
95. For long term development replenishment and abstraction should balance.
96. The study of hydrology and rainfall is an interesting but complicated subject. As stated previously all water derives from rain and during its history the losses of deposited rain near the surface can be as follows :-
 - (a) by evaporation on the surface due to the action of sun and wind before penetrating the surface.
 - (b) there can be seepage losses in the strata leading from the surface to underground reservoir.
 - (c) A vast amount of the water can be lost by run-off.
97. Generally light rains only contribute to evaporation and there is very little absorption. This style of precipitation not penetrating into the ground is particularly noticeable in desert areas where the baked surface of the ground is very rarely penetrated more than skin-deep by early rain. One effect of the light rains would appear to be to break up and render more permeable the hard baked surface skin. Later rains generally penetrate and the heavier the rain the greater the possibility of penetration until such time as sheet flooding occurs when it is possible that the rapid translocation of water from one water shed to another may result in lack of penetration and to the loss of the water in run-off.
98. Using figures ascertained during the field work by the measurement of percolation and infiltration; and for the vertical and horizontal transmissibility of water in the geological formations, it is possible to understand more clearly the hydrological picture.
99. Recent developments have utilised electronic methods of ascertaining the proportions of dissolved radio isotopes in underground water to endeavour to establish the age of these waters. It is possible that underground water sources contain water which is accrued therein from the beginning of geological time although due to underground wasting etc., there is always an amount of turn-over in the greater number of types of underground sources.
100. Underground water is contained in the interstices of rock or sedimentary formations.
101. Obviously the denser the rock the less likely it is to hold water but some dense rocks such as granite when weathered and shattered can hold tremendous volumes of water and be extremely good reservoirs.
102. In the majority of formations there is movement of the underground water and this movement has to be studied and developed if a successful underground water supply system is to be established and be maintained.
103. It is very rarely that water is found in a complete state of rest and every endeavour must be made to ascertain the forces which are causing the movement of this water and the direction in which it is moving. By understanding and exploiting these forces it is possible to produce water which is useful to man.
104. It is possible sometimes to use the movement of water to leach out dissolved materials from the parent structure so that water quality can be improved with increased draw-off.
105. The water bearing structures are in fact rather like large sponges with the water contained in the interstices. The texture of the structure will determine the rate at which the formation will give up its water.
106. A gravel formation with little or no fine material will obviously yield water more rapidly than will a sedimentary rock with fine interstitial passages. On the other hand clays which can contain a high percentage of water are usually formed with such fine interstices that they can be persuaded only to give up a small proportion of their water.
107. As the development and abstraction programmes are being fulfilled, further records should be kept so that knowledge of the performance of the underground water source is kept under review. Modifications to these programmes may have to be made from time to time in the light of knowledge gained.

108. It has been said that the quantitative assessment of ground water resources is the conclusive stage of a water exploration programme. The Author's opinion differs from this as he considers that this is an intermediate stage only. Until abstraction and production begin it is not possible to be certain how the underground sources will perform.
109. He considers therefore that there is danger in considering the above quantitative assessment of the resources as a finality. Cases have arisen where glowing pictures have been painted of the quality and quantity of underground reserves which have proved to be false when production has been put in hand.
110. Expert knowledge and teamwork is essential for the successful prosecution of ground water exploration. Administrators can assist in the matter by ensuring that these experts are given complete freedom to pursue their search without interference by financial, political or other extraneous sources which will detract from their service to the community.
111. The accretion of knowledge concerning underground water is continuous and man's understanding of the subject is incomplete. Ground water prospecting therefore will hold its sense of adventure, independence of thought and uncertainty until all the gaps in this knowledge are filled in.

Recent Findings in Qatar.

112. Reference to one particular item of ground water prospecting may be of interest to the Conference.
113. The hydro-geological work and drilling carried out on behalf of the Government of Qatar in 1952 may be of interest.
114. The work was phased and organized in the manner shown earlier in this paper and a very high degree of co-operation and teamwork was achieved.
115. Qatar is an arid peninsula in the Arabian Gulf whose average rainfall is of the order of $2\frac{1}{2}$ inches per year. Deposition is spasmodic and may vary between $\frac{1}{2}$ in/yr and 6 in/yr locally. Topographic study showed a pattern of shallow depressions scattered over the area under review. Geological studies showed that these depressions had been formed by wind erosion. Except at the coastal fringe the majority of the depressions catch depositions and store a proportion of the water underground.
116. Water conveyed rapidly to the depressions seeps through the depression floors and is stored in lenses of potable quality water of considerable depth.
117. Water soaking into the general catchment area outside the depressions percolates downwards and is stored in a mound of lower quality water the top surface of which in general follows the main contours of the country.
118. This survey proved that the sweet water lenses are contained in the mound water which is itself balanced on saltwater under the peninsula.
119. This type of hydrology is unique in the area of the Arabian Gulf and is completely different from that occurring in the nearby countries of Saudi Arabia, Bahrain, Kuwait, Southern Iran, Iraq, Jordan or the Trucial States.
120. A deep probe into lower horizons to attempt to tap into beds outcropping in the hinterland of Saudi Arabia proved artesian water but of a quality completely unsuitable for domestic or agricultural use.





E/CONF.39/A/128

17 Oct.1962

ORIGINAL : FRANCAIS

CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES
SUR L'APPLICATION DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNIQUE
DANS L'INTÉRÊT DES RÉGIONS PEU DÉVELOPPÉES

Point de l'ordre du jour : A.4.3.1

France

LES CENTRALES ELECTRIQUES

Par Roland DAVID,
Ingénieur en Chef à la Société
"Le Matériel Electrique S-W"
Paris

Les mémoires rédigés à l'intention de la Conférence des Nations Unies sur l'application de la science et de la technique dans l'intérêt des régions peu développées sont des documents de travail. Ils sont publiés tels qu'ils ont été présentés et les assertions et opinions qu'ils contiennent sont celles de leurs auteurs.

NOTES

1. Les mémoires choisis pour être présentés en séance générale pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

2. Les mémoires choisis pour être présentés en séance spéciale pourront être obtenus à la Conférence dans l'une seulement de ces langues officielles.

3. Les résumés qui ont été rédigés pour tous les mémoires par les auteurs de ceux-ci pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

4. Préablement à la Conférence, les mémoires et les résumés ne feront pas l'objet d'une distribution générale mais d'un tirage restreint destiné aux délégations des gouvernements et autres participants officiels. La publication et la distribution générale des actes de la Conférence s'effectueront conformément aux règles et pratiques agréées par le Comité des publications des Nations Unies.

LES CENTRALES ELECTRIQUES

par Roland DAVID, Ingénieur en Chef

à la Société "LE MATERIEL ELECTRIQUE S-W", PARIS

1.1. Alternateurs pour centrales hydrauliques - Isolations classiques

Les alternateurs pour centrales posent, dans les pays peu développés et surtout dans les pays tropicaux, un certain nombre de problèmes relatifs à la tenue en service, si l'on veut éviter que la permanence du service assuré ne soit à la merci d'un incident, même peu important en soi, mais qui peut entraîner des conséquences graves.

Nous passerons donc assez rapidement sur les alternateurs de type classique, en distinguant cependant parmi eux ceux qui se distinguent par les dispositions spéciales des paliers et pivots. Nous signalerons particulièrement au passage ceux qui, utilisant la disposition dite "parapluie", possèdent un nombre de paliers réduit et ont de ce fait une construction simplifiée.

Nous citerons parmi beaucoup d'autres les 4 alternateurs de 45 000 kVA de Bin el Ouidane (Fig. 1), les 2 d'Afourer (52 000 kVA), ceux de Limoeiro, de Macabu (Brésil), de Tjikalong (Indonésie) et, en construction parapluie, les 4 alternateurs d'El Nihuil et les 3 de Demirkopru.

1.2. Alternateurs pour centrales hydrauliques - Isolations nouvelles

Au cours des dernières années, des progrès importants ont cependant été réalisés dans le domaine des isolants. Depuis l'apparition du Thermalestic, vers 1951, un certain nombre d'isolations se sont développées qui présentent, à un degré plus ou moins grand, des caractères analogues. Les liants et produits d'imprégnation du mica utilisés dans le passé n'étaient pas exempts d'inconvénients : ou bien leur viscosité leur interdisait de pénétrer au cœur même de la gaine isolante, et l'imprégnation n'était alors pas totale, laissant subsister des vides qui étaient en service le siège de phénomènes d'ionisation destructeurs de la gaine isolante ; ou bien, comme la gomme-laque, ils se desséchaient et devenaient à la longue cassants et pulvérulents ; ou bien, au contraire, ils se ramollissaient sous l'action de l'échauffement ou de l'enroulement, donnant lieu à des

gonflements ou à des amaigrissements locaux, et à des migrations du mica.

L'extrême variété des résines synthétiques qui sont apparues depuis quelques années devrait permettre, et a permis effectivement, d'utiliser comme matières d'imprégnation des produits thermodurcissables ne s'altérant pas aux températures rencontrées en service. On peut utiliser par exemple des résines qui, fluides au moment de l'opération d'imprégnation, ce qui leur permet de pénétrer jusqu'au cuivre, sont ensuite polymérisées de façon à donner une masse compacte où ne subsiste aucun vide. Si de plus ces résines sont telles qu'elles ne dégagent de produits volatils, ni au cours de leur mise en oeuvre, ni en cours de fonctionnement, on peut éviter l'apparition ultérieure de gonflements et de phénomènes d'ionisation et assurer ainsi à l'isolation une longévité beaucoup plus importante.

Ces considérations prennent toute leur importance lorsqu'il s'agit d'assurer la longévité de l'isolation d'une machine exposée aux incertitudes du fonctionnement en climat tropical. L'ambiance humide favorise tous les défauts d'isolement. Or on sait que ces isolations sont totalement imperméables à l'humidité et à l'eau, au point que, non seulement on peut se dispenser du séchage préalable de la machine avant mise en service, mais que même on a pu soumettre des enroulements à une aspersion prolongée de 275 heures à raison de 25 litres/minute, et voir la résistance d'isolement recouvrer très rapidement sa valeur normale sans aucun séchage. Il s'avère que seule la résistance superficielle est altérée, mais que l'humidité ne pénètre à aucun moment dans la masse de l'isolation.

Ces qualités ont été mises à profit dans un grand nombre de machines mises en service depuis 1953, et notamment Punil (2 alternateurs de 14 500 kVA), Yaté (4 alternateurs de 14 000 kVA), Laksapana (2 de 14 700 kVA) Cameron (4 de 28 000 kVA) et Infiernillo (4 de 188 600 kVA, en cours d'étude).

2.1. Alternateurs entraînés par turbines à gaz

Nous citerons encore, parmi les alternateurs bénéficiant de ces progrès d'isolation, un certain nombre de machines entraînées par turbines à gaz. Les progrès importants obtenus dans le domaine des turbines à gaz rendent ces dernières particulièrement intéressantes dans le cas de puissances petites et moyennes ou lorsqu'on trouve sur place du combustible liquide. C'est le cas des alternateurs de 7 500 kVA à 3 000 t/mn des centrales d'Hacud el Hamra et d'In Amenas (Sahara), de ceux de 3 330 et 1 875 kVA, 1 500 et 1 800 t/mn, de Kano (Nigéria), de Puerto-Cabello (Vénézuéla) et d'Iquitos (Pérou).

3.1. Groupe bulbes - Turbine hydraulique - Alternateur.

Dans un ordre d'idées différent, nous noterons les grandes possibilités offertes par les groupes bulbes à écoulement axial. Ces groupes, d'encombrement extrêmement réduit, permettent de gagner considérablement sur la hauteur des bâtiments

de la centrale, tant en infrastructure qu'en superstructure. Car d'une part la disposition horizontale économise la hauteur exigée par le canal d'évacuation de la turbine, d'autre part le fait qu'il s'agit de groupes entièrement noyés réduit pratiquement à zéro la hauteur exigée par les superstructures. Dans cette construction, le courant d'eau entoure complètement l'alternateur qu'il refroidit avant de passer dans la turbine. On remarquera la forme très tassée de l'ensemble. Il est ainsi possible de constituer avec de petits groupes des installations importantes. C'est ainsi que l'usine de la Rance, véritable prototype, non seulement des usines marémotrices de l'avenir, mais aussi de nombreuses centrales de basse chute sur les fleuves des pays tropicaux, comprend 24 groupes bulbes de 10 000 kVA, 3 500 V, 94 t/mn (fig. II). Cette solution, en fractionnant les puissances et en réduisant les dimensions, rend possible la fabrication en série des groupes dans des conditions particulièrement intéressantes et leur mise en place relativement aisée. Elle peut donc faciliter le montage des grands ensembles dans les pays tropicaux.

3.2. Groupes bulbes - Excitation par redresseurs

Un point délicat, avec la construction habituelle des excitatrices, est l'accès aux bagues de l'alternateur. Une solution particulièrement séduisante est d'exciter l'alternateur par un petit alternateur d'excitation à induit tournant avec un pont de redresseurs, tournants eux aussi, calés sur l'arbre. On obtient ainsi une excitation sans collecteur ni bagues, ni balais, et sans aucune connexion à l'extérieur, qui est parfaitement adaptée à l'emploi des groupes immergés.

4.1. Alternateurs entraînés par turbines à vapeur

Dans les centrales thermiques, la situation est bien différente. Les nombreux alternateurs de 10 000, 20 000, 33 000 kW et jusqu'à 250 000 kW, qui ont été fournis dans ces dernières années, marquent une tendance très nette vers les puissances de plus en plus élevées.

Nous citerons entre autres les 2 turbo-alternateurs de Paz del Rio, ceux de Lorenzo, les 4 turbo-alternateurs de Téhéran, dont la puissance est comprise entre 10 000 et 15 000 kW, les turbo-alternateurs des Roches-Noires (Maroc) (Fig. III), de la Havane, de Nava, de puissances comprises entre 20 000 et 37 500 kW, de Ptolemais (125 000 kW) et enfin les 3 turbo-alternateurs de Sulcis (Sardaigne) dont la puissance atteint 250 000 kW.

Il convient de signaler les possibilités offertes par les turbo-alternateurs, maintenant en fait standard dans le monde, de 250 MW à refroidissement direct des conducteurs par l'hydrogène, qui, s'ils sont encore peu utilisés dans les pays peu développés, ne tarderont sans doute guère à s'y répandre. Ces alternateurs ne sont pas sensiblement plus gros que les alternateurs classiques de 125 MW et leurs pertes à vide sont sensiblement équivalentes. C'est dire qu'à faible charge, leur rendement n'est pas inférieur à celui des alternateurs de 125 MW.

tout au moins avec des pressions d'hydrogène réduites. Alimentés en hydrogène à pression plus élevée, ils peuvent fournir leur puissance nominale de 250 kW avec un rendement qui reste excellent. Ce résultat est obtenu, faut-il le rappeler, par la circulation interne d'hydrogène à l'intérieur même des conducteurs du stator. Car on s'est aperçu que la puissance des machines de construction classique était limitée par la chute de température dans la gaine isolante. La chaleur due aux pertes, pour s'évacuer du cuivre vers le fer, doit en effet traverser une isolation d'épaisseur croissante au fur et à mesure qu'augmente la tension des machines.

La solution consiste donc à faire passer le courant du fluide de refroidissement à l'intérieur même des conducteurs et d'éviter ainsi l'obstacle à la transmission de chaleur que constitue la gaine isolante. On réalise ainsi des canaux, soit à l'intérieur même de chaque conducteur élémentaire (fig. IVa), soit entre les piles de conducteurs élémentaires (fig. IVb) au même potentiel qui constituent les barres des grands turbo-alternateurs. La fig. V est une coupe, et la fig. VI une vue d'une machine de ce type. Le nouvel échelon de puissance de 250 MW a été réalisé déjà en de nombreux exemplaires dans beaucoup de pays du monde, et tend à devenir standard. Ne recourant qu'à l'hydrogène pour son refroidissement, il évite par là-même les sujétions auxquelles risquerait de se heurter l'emploi d'un autre fluide. Nul doute qu'au cours des années qui viennent, ce modèle ne devienne l'objet d'un important développement.

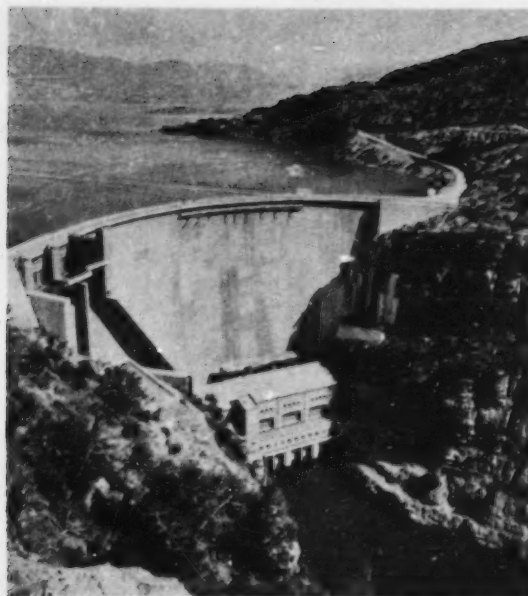


Fig.I Centrale de Bin el Ouidane
(Maroc) - Vue générale

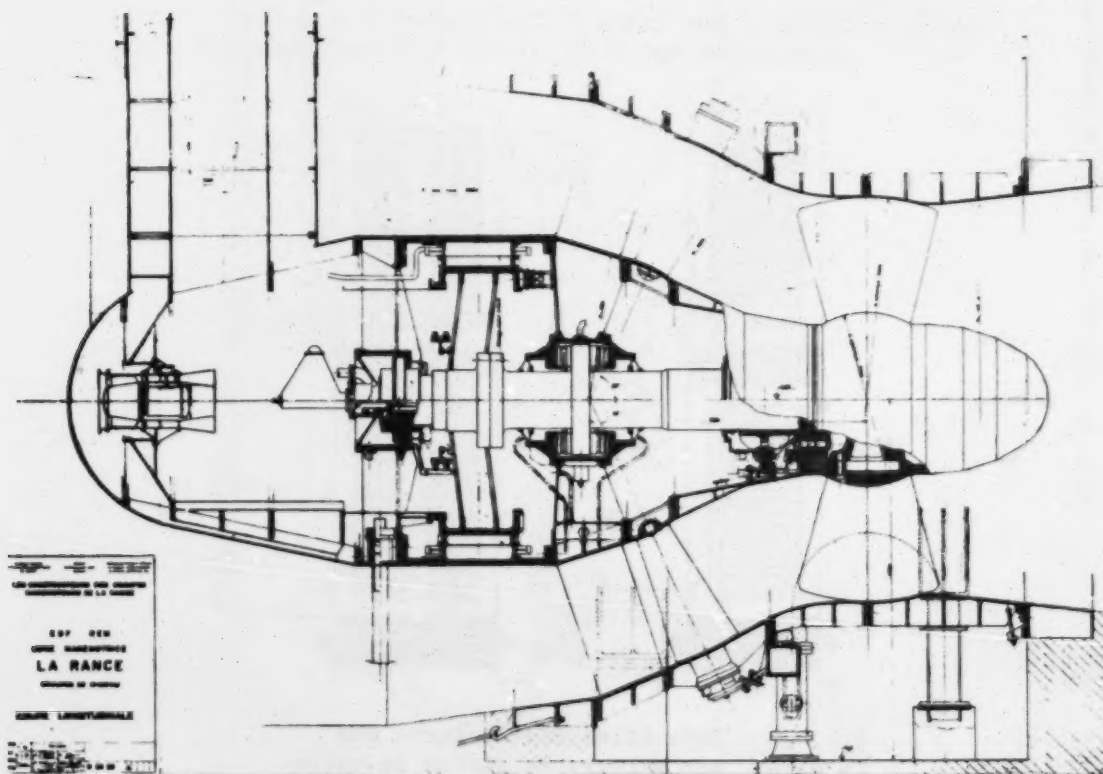


Fig.II - Centrale de la Rance - Coupe d'un groupe bulbe
(Constructeurs Français)

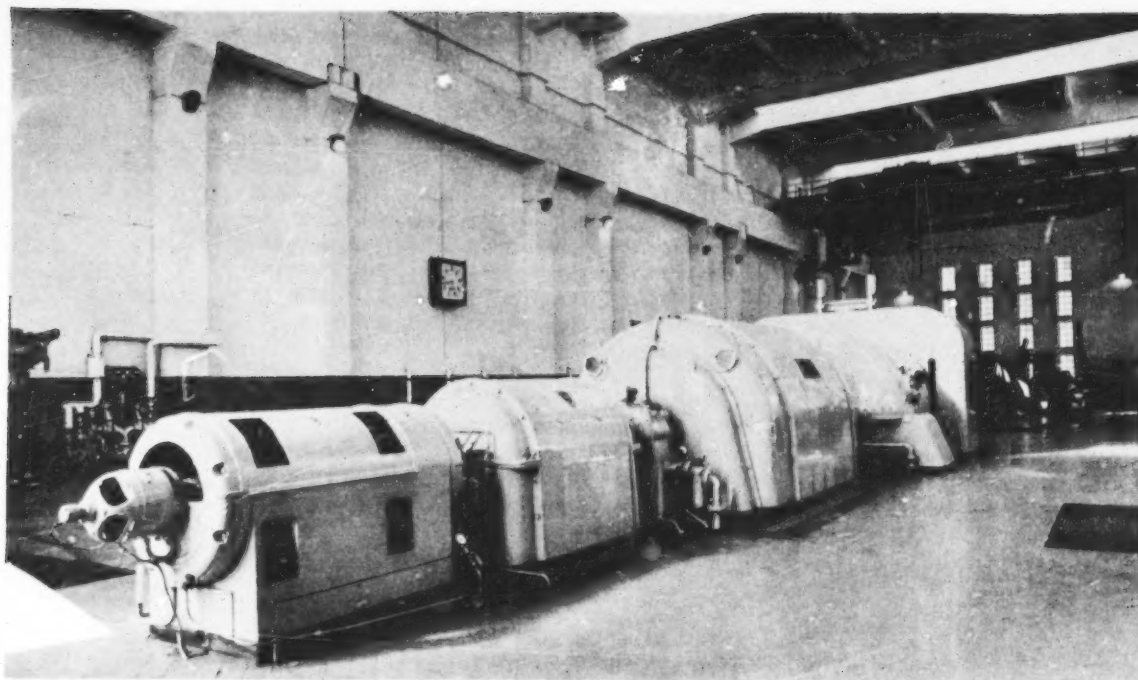


Fig.III - Centrale des Roches Noires (Maroc) - 2 turbo-
alternateurs de 20 000 kW (Le Matériel Electrique S.W)

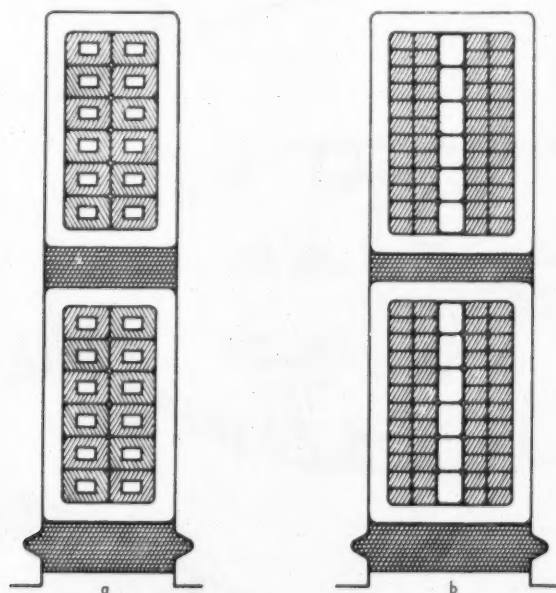


Fig. IV Refroidissement interne des
(a et b) conducteurs de stator de turbo-
alternateurs. Vue en coupe
transversale

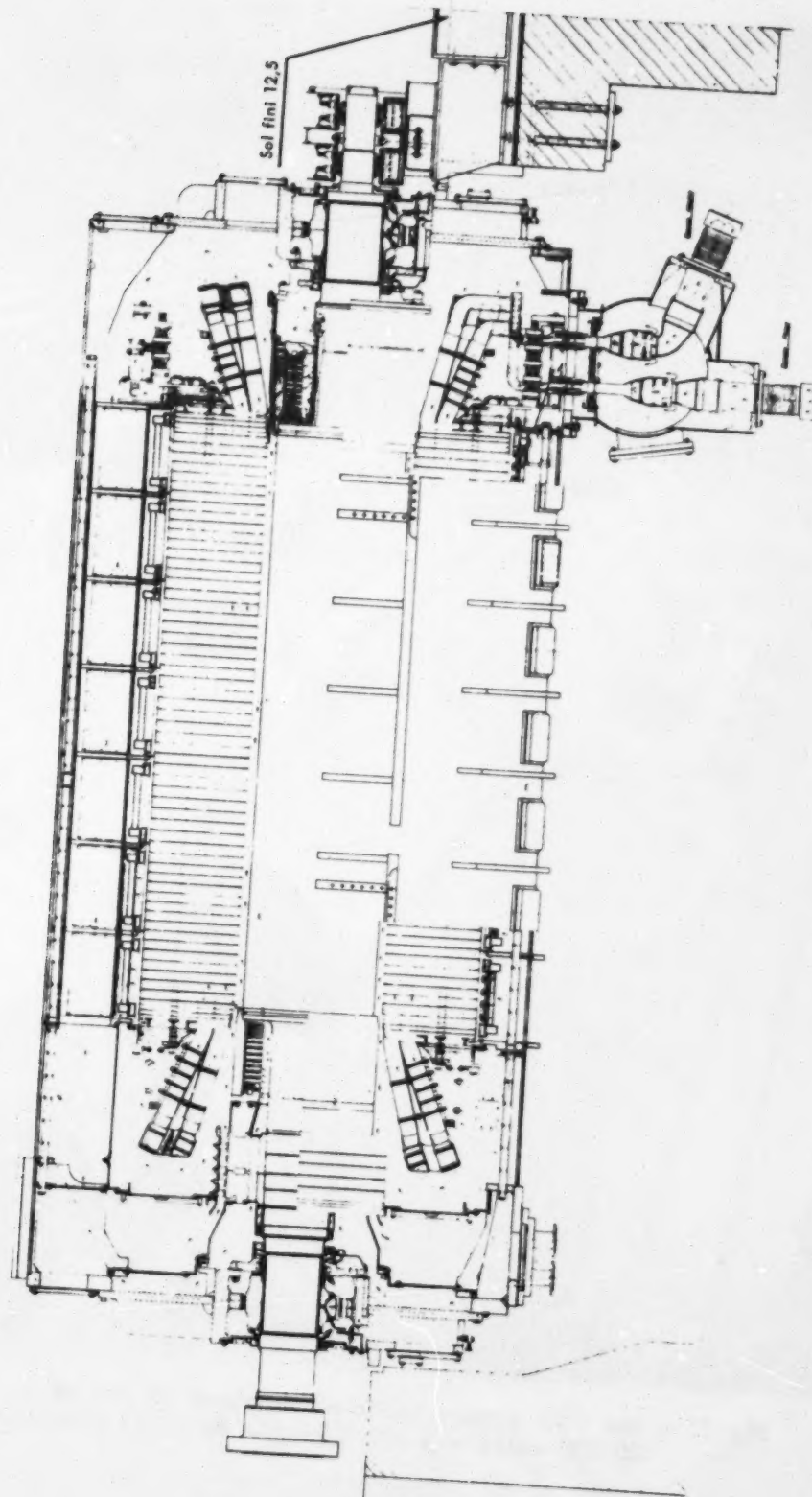


Fig. V - Coupe de turbo-alternateur de 250 MW - 20 000 volts
3 000 t/mn.

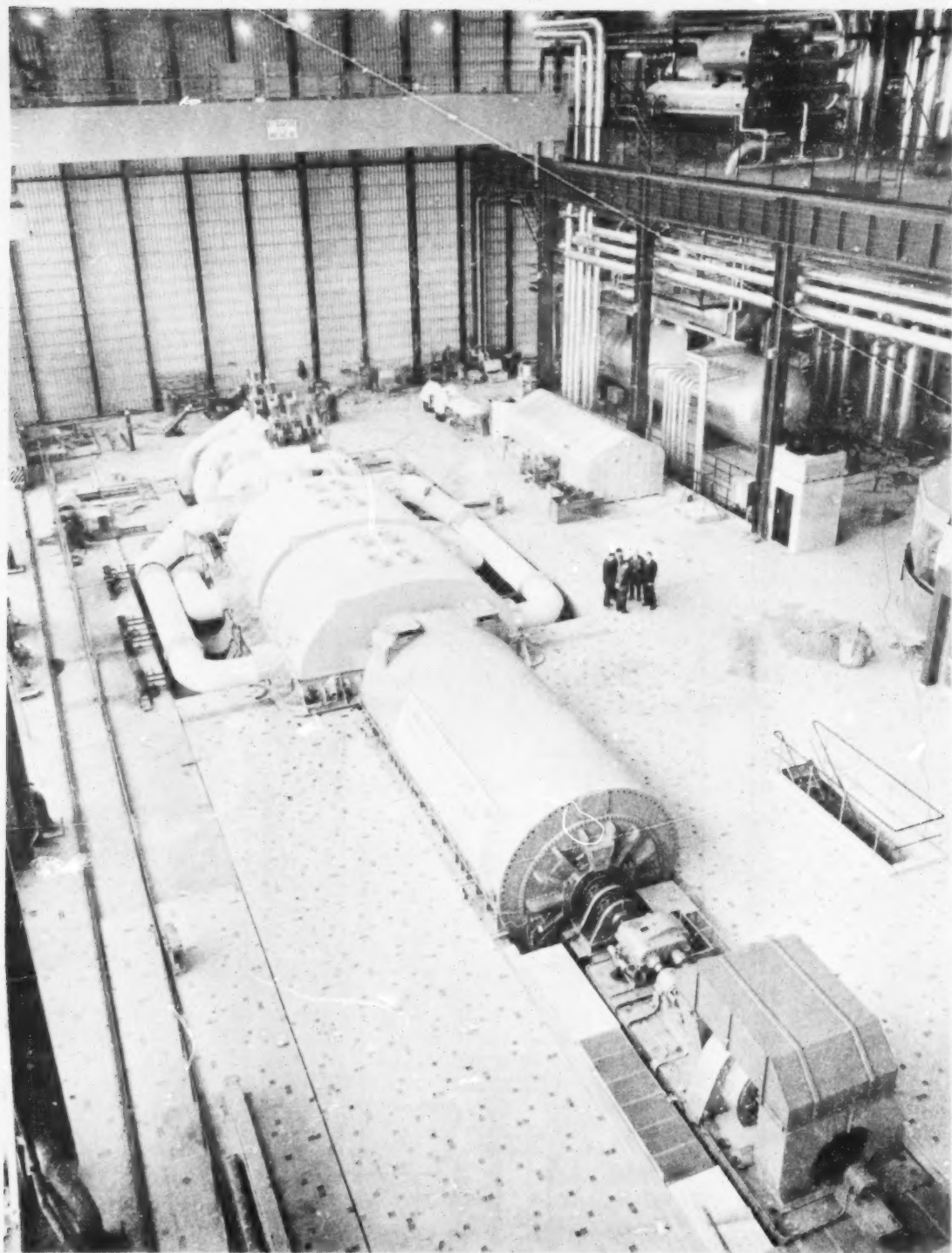


Fig.VI - Vue d'un groupe turbo-alternateur de 250 MW -
20 000 volts - 3 000 t/mn (Le Matériel Electrique S-W)



1097 F - Oct.1962 - 1,000